

**Ausstattung und Belastbarkeit Thüringer Böden mit
Schwermetallen und As unter Berücksichtigung geogener Grund-
gehalte und anthropogener Einträge**

Von der Fakultät für Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik
der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus zur Erlangung
des akademischen Grades eines Dr. rer. nat. genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Diplom-Hydrologin

Annette Pohl, geb. Teske

aus Hennigsdorf bei Berlin

Gutachter: Prof. Dr. Dr. h. c. Michael Schmidt

Gutachter: Prof. Dr. habil. Manfred Grün

Tag der mündlichen Prüfung: 01. Juni 2006

Inhaltsverzeichnis

0	INHALTSVERZEICHNIS	3
1	EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	9
2	METHODIK	13
2.1	Lösungsweg	13
2.2	Datenbasis	15
2.2.1	Übersicht über die in Thüringen durchgeführten Arbeiten zu Schwermetall- und As-Gehalten in Böden und Substraten	15
2.2.2	Nutzbarmachung von Datenbeständen der TLL und Vorgängereinrichtungen	17
2.3	Probenahme	18
2.3.1	Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen	18
2.3.2	Datenbestände der TLL und Vorgängereinrichtungen	20
2.4	Probenvorbereitung und Analytik	21
2.4.1	Bodenphysikalische und bodenchemische Parameter	21
2.4.2	Schwermetalle und As	22
2.4.2.1	Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen	22
2.4.2.2	Datenbestände der TLL und Vorgängereinrichtungen	23
2.5	Statistische Verfahren	24
3	ERGEBNISSE	27
3.1	Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen	28
3.1.1	Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten der Lößstandorte	28
3.1.1.1	Substrate	29
3.1.1.2	Oberböden	30
3.1.2	Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten der Keuperstandorte	32
3.1.2.1	Substrate	33
3.1.2.2	Oberböden	38
3.1.3	Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten der Muschelkalkstandorte	42
3.1.3.1	Substrate	42
3.1.3.2	Oberböden	45
3.1.4	Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten der Buntsandsteinstandorte	49
3.1.4.1	Substrate	50
3.1.4.2	Oberböden	52
3.1.5	Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten der Zechsteinstandorte	55
3.1.5.1	Substrate	55
3.1.5.2	Oberböden	57
3.1.6	Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten des Thüringer Waldes	60
3.1.6.1	Substrate	60
3.1.6.2	Oberböden	67
3.1.7	Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten des Thüringer Schiefergebirges	70
3.1.7.1	Substrate	70
3.1.7.2	Oberböden	75

3.1.8	Schwermetall- und As-Gehalt von Basalten der Rhön	78
3.1.8.1	Substrate	78
3.1.8.2	Oberböden	79
3.2	Datenbestände der TLL und Vorgängereinrichtungen	81
4	ABLEITUNG DER HINTERGRUNDWERTE	90
4.1	Normwertdefinitionen gemäß LABO	90
4.2	Vorsorgewerte	91
4.3	Einflussfaktoren auf den Hintergrundgehalt von Schwermetallen und As in Thüringer Böden	99
4.4	Schwermetall- und As-Gehalte der Substrate - geogene Grundgehalte	106
4.5	Hintergrundwerte für Oberböden	108
5	VERGLEICHENDE DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DEN BODENSCHUTZ IM FREISTAAT THÜRINGEN	119
6	ZUSAMMENFASSUNG	122
7	LITERATURVERZEICHNIS	125

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Analysenergebnisse und statistische Parameter der Bodenproben des Projektes „Schwermetallbodenkataster“

Anlage 1.1: Analysenergebnisse und statistische Parameter der unter geologisch-lithologischen Gesichtspunkten gruppierten Substrate

Anlage 1.2: Analysenergebnisse und statistische Parameter der unter geologisch-lithologischen Gesichtspunkten gruppierten Oberböden

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht zu den mittels Profilaufschlüssen beprobten Substraten Thüringens	14
Tabelle 2: Übersicht der Arbeiten zu Schwermetall- und As-Gehalten Thüringer Böden	16
Tabelle 3: Probenahmestrategie für die Profilaufschlüsse.....	19
Tabelle 4: Übersicht zu Probenahmestrategien der Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen	19
Tabelle 5: Übersicht zur Probenahmestrategie in den Projekten der TLL und Vorgängereinrichtungen	20
Tabelle 6: Analysenverfahren für Spurenelemente und ihre Nachweisgrenzen.....	22
Tabelle 7: Beschreibung der berechneten statistischen Kennwerte.....	25
Tabelle 8: Beschreibung der angewendeten statistischen Verfahren.....	26
Tabelle 9: Elementgehalt (mg/kg TS) Thüringer Löss (Median, x_{\min} , x_{\max} , ausreißerbereinigt) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) ermittelten Konzentrationen (x_G , Vertrauensgrenze (95 %))	29
Tabelle 10: Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Lößsubstraten (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden	30
Tabelle 11: Elementgehalte (mg/kg TS) Thüringer Acker- und Grünlandböden (Ap - , Ah - Horizonte, < 2mm, n = 89, ausreißerbereinigt) aus Lößsubstraten	31
Tabelle 12: Anreicherungsfaktoren sowie arithmetisches Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Lößstandorten (n=8)	32
Tabelle 13: Elementgehalt (mg/kg TS) von Tonsteinen, Tonen und Tonmergeln des Keuper (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen.....	33
Tabelle 14: Elementgehalt (mg/kg TS) von Mergeln des Keuper (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen	34
Tabelle 15: Elementgehalt (mg/kg TS) von Gipsen des Keuper, Oberen Buntsandstein und Zechstein (Median, x_{\min} , x_{\max})	34
Tabelle 16: Elementgehalt (mg/kg TS) von Kalksteinen und Dolomiten des Keuper (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen	35
Tabelle 17: Elementgehalt (mg/kg TS) von Sandsteinen des Keuper (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen	36
Tabelle 18: Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Keupersubstraten (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden	37
Tabelle 19: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Keupersubstraten (Tonsteine, Tone , Tonmergel, - Kalksteine, Dolomite, - Gipse des k, so, z) (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2mm, ausreißerbereinigt)	39
Tabelle 20: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Keupersubstraten (Mergel, Sandsteine) (ohne Nutzungsbezug, < 2 mm, ausreißerbereinigt)	40
Tabelle 21: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Keupersubstraten (n=56, zusammengefaßt (ohne Gips), ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt)	40
Tabelle 22: Anreicherungsfaktoren sowie arithmetisches Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Keuperstandorten (n=21)	41
Tabelle 23: Elementgehalt (mg/kg TS) von Tonsteinen, Tonen, Tonmergeln und tonigen Schuttdecken des oberen Muschelkalk (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu Keupersubstraten und den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen	43
Tabelle 24: Elementgehalt (mg/kg TS) von Kalksteinen, Mergelsteinen und Dolomiten des Muschelkalk (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen.....	44
Tabelle 25: Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Muschelkalksubstraten (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden	45

Tabelle 26:Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Muschelkalksubstraten (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt).....	47
Tabelle 27:Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Muschelkalksubstraten (zusammengefasst, ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt).....	48
Tabelle 28:Anreicherungsfaktoren sowie arithmetisches Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Muschelkalkstandorten	48
Tabelle 29:Elementgehalt (mg/kg TS) von Tonsteinen, Tonen, Tonmergeln und tonigen Fließerden des Röt (Median, x_{min} , x_{max}) im Vergleich zu Keuper- und Muschelkalksubstraten und den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen	50
Tabelle 30:Elementgehalt (mg/kg TS) von Sandsteinen und tonig-sandigen Wechsellagerungen des Buntsandstein ¹⁾ (Median, x_{min} , x_{max}) im Vergleich zu Thüringer Keupersandsteinen und den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen	51
Tabelle 31:Median und 90er Perzentil der Schwermetall- und As-Gehalte von Buntsandsteinsubstraten (Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt).....	52
Tabelle 32:Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Buntsandsteinsubstraten (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2mm, ausreißerbereinigt).....	53
Tabelle 33:Anreicherungsfaktoren sowie arithm. Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Buntsandsteinstandorten	54
Tabelle 34:Elementgehalt (mg/kg TS) von Tonsteinen, Tonmergeln, Mergeln und tonigen Fließerden des Zechstein (Median, x_{min} , x_{max}) im Vergleich zu Keuper- und Muschelkalksubstraten sowie den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen.....	56
Tabelle 35:Elementgehalt (mg/kg TS) von Kalksteinen und Dolomiten des Zechstein (Median, x_{min} , x_{max}) im Vergleich zu Keuper- und Muschelkalksubstraten sowie den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen.....	56
Tabelle 36:Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Zechsteinsubstraten (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden.....	57
Tabelle 37:Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Zechsteinsubstraten (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt).....	59
Tabelle 38:Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Zechsteinsubstraten (zusammengefasste Gruppierung, n=19, ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt)	59
Tabelle 39:Elementgehalt (mg/kg TS) Thüringer Sandsteine des Permosiles (x_G , x_{min} , x_{max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) und in Sandsteinen des Keuper und Buntsandstein Thüringens ermittelten Konzentrationen	61
Tabelle 40:Elementgehalt (mg/kg TS) Thüringer Schluff- und Tonsteine des Permosiles (Median, x_{min} , x_{max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) und für mesozoisch/jungpaläozoische Schluff- u. Tonsteine ermittelten Konzentrationen	62
Tabelle 41:Elementgehalt (mg/kg TS) Thüringer Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe (Median, x_{min} , x_{max}).....	63
Tabelle 42:Elementgehalt (mg/kg TS) von Granit (Median, x_{min} , x_{max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen.....	64
Tabelle 43:Elementgehalt (mg/kg TS) der Gneise (Median, x_{min} , x_{max}) im Vergleich zu den von SEHM u.a. (1989) für Phyllite bzw. kontaktmetamorphe Schiefer veröffentlichten Konzentrationen	65
Tabelle 44:Elementgehalt (mg/kg TS) der phyllitischen und kontaktmetamorphen Schiefer (Median, x_{min} , x_{max}) im Vergleich zu den von SEHM u.a. (1989) veröffentlichten Konzentrationen.....	65
Tabelle 45:Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Substraten des Thüringer Waldes, Harzes und Kyffhäusers (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden	66
Tabelle 46:Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Substraten des Thüringer Waldes, Harzes und Kyffhäusers (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt).....	68
Tabelle 47:Anreicherungsfaktoren sowie arithmetisches Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Substraten des Thüringer Waldes (n=22)	69
Tabelle 48:Elementgehalt (mg/kg TS) von Tonschiefern (Median, x_{min} , x_{max}) im Vergleich zu den von SEHM u.a. (1989) veröffentlichten Konzentrationen	71

Tabelle 49: Elementgehalt (mg/kg TS) von Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer-Wechselfolgen (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von SEHM u.a. (1989) veröffentlichten Konzentrationen.....	72
Tabelle 50: Elementgehalt (mg/kg TS) von Diabasen und Diabastuffen (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von SEHM u.a. (1989) veröffentlichten Konzentrationen	73
Tabelle 51: Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Substraten des Thüringer Schiefergebirges und des Ruhlaer Kristallins (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden.....	74
Tabelle 52: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Substraten des Thüringer Schiefergebirges und des Ruhlaer Kristallins (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt)	76
Tabelle 53: Anreicherungs-faktoren sowie arithmetisches Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Substraten des Thüringer Schiefergebirges (n=15)	77
Tabelle 54: Elementgehalt (mg/kg TS) von Basalten der Rhön (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu weiteren basischen Ergussgesteinen und den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) und für Diabase und Diabastuffe des Oberproterozoikum / Altpaläozoikum ermittelten Gehalten.....	78
Tabelle 55: Elementgehalte von Basalten der Rhön (Fraktion > 2mm)	79
Tabelle 56: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden (< 2 mm) aus Basalten der Rhön	80
Tabelle 57: Datenumfang der Projekte der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft bzw. des ehemaligen Institutes für Pflanzenernährung und Ökotoxikologie Jena	81
Tabelle 58: Proben- bzw. Flächenbelegung der zusammengefassten Substratgruppen in den einzelnen Projekten	84
Tabelle 59: Zuordnung der bodenkundlichen Haupteinheiten Thüringens in die Substratgruppen aus dem Schwermetallprojekt	85
Tabelle 60: Vergleich der Medianwerte für Schwermetalle und As in Oberböden der Projekte Bodenuntersuchung gemäß Klärschlammverordnung (AbfKlärV, Königswasser), Schwermetallerhebungsuntersuchungen (SMERheb, Königswasser), Systematische Bodenuntersuchung (SysBU, HNO ₃) und Profilaufschlüsse (TMLNU, Gesamtaufschluss).....	86
Tabelle 61: Vergleich der 90er Perzentilwerte der Schwermetall- und As-Gehalte von Oberböden der Projekte Bodenuntersuchung gemäß Klärschlammverordnung (AbfKlärV, Königswasser), Schwermetallerhebungsuntersuchungen (SMERheb, Königswasser), Systematische Bodenuntersuchung (SysBU, HNO ₃) und Profilaufschlüsse (TMLNU, Gesamtaufschluss, Ackernutzung)	87
Tabelle 62: Vergleich der Medianwerte der Schwermetall- und As-Gehalte von Oberböden der Projekte IPE / TLL (zusammengefasst, umgerechnet auf Gesamtaufschluss) und Profilaufschlüsse (TMLNU, Ackernutzung, Gesamtaufschluss)	88
Tabelle 63: Vergleich der 90er Perzentilwerte der Schwermetall- und As-Gehalte von Oberböden der Projekte IPE / TLL (zusammengefasst, umgerechnet auf Gesamtgehalte) und Profilaufschlüsse (TMLNU, Gesamtaufschluss)	89
Tabelle 64: Ausschöpfung der Vorsorgewerte der BBodSchV (BMNUR 1999) durch die medianen Schwermetall- und As-Gehalte Thüringer Oberböden.....	93
Tabelle 65: Ausschöpfung der Vorsorgewerte der BBodSchV (BMNUR 1999) durch die medianen Schwermetall- und As-Gehalte Thüringer Oberböden.....	94
Tabelle 66: Schwermetall- und As-Gehalte (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten sowie Anreicherungs-faktoren für Thüringer Bodenprofile (n=114)	94
Tabelle 67: Schwermetallsalden ausgewählter Elemente nach WILCKE und DÖHLER 1995 und KTBL 2005 (alle Angaben in g/ha*a)	96
Tabelle 68: Mittelwert der Elementgehalte von Oberböden aus Löß-, Keuper- und Buntsandsteinsubstraten abgestuft nach dem pH-Wert (signifikante Mittelwertsunterschiede (t-Test, 5%) dunkel hinterlegt).....	101
Tabelle 69: Tongehalt Thüringer Oberböden (Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen)	102
Tabelle 70: Mittelwert der Elementgehalte von Thüringer Oberböden (Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen) abgestuft nach dem Tongehalt (signifikante Mittelwertsunterschiede (t-Test, 5%) dunkel hinterlegt).....	102
Tabelle 71: Mittelwert der Elementgehalte von Thüringer Oberböden (Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen) abgestuft nach der Korngrößenzusammensetzung	102

Tabelle 72: Matrix der Mittelwertsunterschiede in den Elementgehalten von Oberböden aus unterschiedlichen Substraten (Varianzanalyse, Scheffé-Test, $\alpha = 0,05$).....	105
Tabelle 73: Elementgehalt (Median, 75er Perzentil - ausreißerbereinigt) aller untersuchten Thüringer Oberböden und Substrate	106
Tabelle 74: Einstufung der Schwermetall- und As-Gehalte der wichtigsten Substratgruppen Thüringens (★ = niedrig, o = mittel, ! = hoch)	107
Tabelle 75: Einstufung der Schwermetall- und As-Gehalte von Oberböden der wichtigsten Substratgruppen Thüringens.....	109
Tabelle 76: Schwermetall- und As-Gehalte von Thüringer Substraten (Datenbasis: TMLNU (1996)).....	111
Tabelle 77: Schwermetall- und As-Gehalte von Thüringer Substraten, zusammengefasste Gruppierung (Datenbasis: Profilaufschlüsse TMLNU 1993-1995) - Fraktion < 2mm, ausreißerbereinigt -	114
Tabelle 78: Statistische Parameter von Oberböden der zusammengefassten Substratgruppen, Datenbestände TLL / IPE (umgerechnet auf Gesamtgehalte) und Profilaufschlüsse (TMLNU, Gesamtgehalte)	116
Tabelle 79: Hintergrundwerte für Oberböden Thüringens	117
Tabelle 80: 90er Perzentilwerte der Schwermetall- und As-Gehalte der Oberböden von zusammengefassten Substratgruppen (Projekte TLL / IPEÖ, umgerechnet auf Gesamtgehalte und TMLNU, Gesamtgehalte) im Vergleich zu den Vorsorgewerten der BBodSchV	118

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Der Umgang mit Bodenbelastungen und die Begrenzung neuer schädlicher Stoffeinträge setzen die Kenntnis des „normalen“, d.h. weitgehend unbelasteten Bodenzustandes voraus (MATSCHULLAT u. a. 2000, KABATA-PENDIAS 2001). Somit ist die Ermittlung von Hintergrundwerten für Schadstoffe in Böden eine wesentliche Aufgabe des vorsorgenden Bodenschutzes und Grundlage für die Beurteilung von Bodenbelastungen.

Aus diesem Grund wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes durch HINDEL & FLEIGE beispielhaft für **Schwermetalle** das bundesweit angelegte Untersuchungsprogramm „Schwermetalle in Böden der Bundesrepublik Deutschland - geogene und anthropogene Anteile“ (vgl. HINDEL & FLEIGE 1991) durchgeführt.

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG) und der Verabschiedung der Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) werden erstmals die nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung der Bodenfunktionen gesetzlich geregelt. Dem vorsorgenden Schutz des Bodens vor stofflichen Veränderungen wird durch die Festlegung von Vorsorgewerten für organische und anorganische Problemstoffe Rechnung getragen. Vorsorgewerte sollen einen langfristigen Schutz der Böden vor zukünftigen Einwirkungen ermöglichen und verfolgen damit das Ziel, dass Böden vielfältig nutzbar erhalten bleiben (HÜTTL 1998, 1999). Eine Überschreitung dieser Vorsorgewerte zeigt die Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung an, soweit nicht naturbedingt erhöhte Schadstoffgehalte zu erwarten sind. In Böden, für die Hintergrundwerte oberhalb der Vorsorgewerte ausgewiesen werden müssen, sind keine schädlichen Bodenveränderungen bei Überschreiten der Vorsorgewerte zu besorgen, soweit nicht eine Freisetzung der Schadstoffe nachteilige Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lässt. Somit ist eine umfassende Beschreibung des „Ist-Zustandes“ der Bodenbelastung erste Voraussetzung für eine sichere Anwendung der Gesetzgebung zum Bodenschutz.

In diesem Zusammenhang und auch im Ergebnis der Studien von HINDEL & FLEIGE (1991) waren die meisten Bundesländer veranlasst, geogene Grundgehalte und Hintergrundwerte für **Schwermetalle** unter ihren spezifischen geologischen Bedingungen zu erarbeiten.

Schwermetalle sind ein normaler Spurenbestandteil aller Umweltmedien (DE HAAN 1985, LICHTFUSS 1988, CHEN u.a. 1999, CHAPMAN & WANG 2000, REIMANN u. a. 2000). Ihr Gehalt im Boden wird im wesentlichen bestimmt durch

- die Schwermetallkonzentration im Ausgangsgestein der Bodenbildung (lithogenes Schwermetallangebot),
- das chemisch-physikalische Verhalten der Schwermetalle bei der Verwitterung und Bodenbildung und

- die diffuse Verbreitung von Schwermetallen infolge anthropogener Aktivitäten.

Die Umweltrelevanz der Schwermetalle ergibt sich gegenwärtig jedoch nicht aus dieser allgemeinen Verbreitung, sondern vielmehr aus lokal oder regional begrenzt vorkommenden Belastungen. Mit einer Schwermetallkontamination der Umwelt / des Bodens ist insbesondere im Umfeld bestimmter Industriezweige, in der Nähe stark befahrener Straßen und Autobahnen oder bei unkontrolliertem Einsatz von Abwässern und Klärschlamm in der Landwirtschaft bzw. zur Rekultivierung rechnen. In verschiedenen Gebieten können auch geogen bedingt erhöhte Schwermetallkonzentrationen in den Böden vorkommen.

Der Boden als Lebensraum von Pflanze, Tier sowie Mensch und Bindeglied zwischen Niederschlags- und Grundwasser schützt diese Güter durch seine Eigenschaft als Filter und Puffer für Schadstoffe vor einem übermäßigen Eintrag von Schwermetallen. Das bedeutet aber auch, dass in den Boden eingetragene Schwermetalle über lange Zeiträume dort verbleiben, sich anreichern und nach Überschreiten bestimmter „Konzentrationsschwellen“ oder veränderter Milieubedingungen ein bedenklicher Schwermetalleintrag in die Nahrungskette oder das Grundwasser nicht mehr auszuschließen ist (MERZ & BRÜHL 1993, MCLAUGHLIN u. a. 2000, SPIEGEL u. a. 2003, LITZ 2005). Die Sanierung von großflächig mit Schwermetallen kontaminierten Böden ist gegenwärtig und sicher auch zukünftig nicht mit vertretbarem Aufwand möglich. Verlagerung (Auswaschung) und Entzug durch die Pflanzen (Ernteprodukte) tragen kaum zur Verminderung des Schwermetallgehaltes des Bodens bei.

Arbeiten zu Schwermetallgehalten in Böden liegen in großem Umfang in allen Bundesländern vor. Bereits Ende der 80er / Anfang der 90er Jahre veröffentlichte CRÖßMANN (1989, 1990) Bodenbelastungskataster für verschiedene Landkreise des Landes Nordrhein-Westfalen, in welchen Schwermetalle eine zentrale Rolle spielten. Auch RUPPERT u. a. (1988, 1991) gaben in diesem Zeitraum eine Übersicht über die Belastung bayerischer Böden mit Schwermetallen. Außerdem sind beispielhaft zu nennen

- die von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1994 in den Materialien zum Bodenschutz herausgegebenen Karten zu Schwermetallgehalten in Böden aus verschiedenen Ausgangsgesteinen des Landes Baden-Württemberg,
- die durch SCHMIDT u. a. (1997) in den Fachbeiträgen des Landesumweltamtes Brandenburg veröffentlichten „Schwermetallgehalte brandenburgischer Böden“,
- das Bodenmessprogramm des Freistaates Sachsen, beschrieben von RANK u. a. (1997) in den Materialien zum Bodenschutz der Landesanstalt für Umwelt und Geologie Radebeul sowie als Bodenatlas herausgegeben von ebendieser Einrichtung (BARTH u. a. 1996),

- das Bodenbelastungskataster Rheinland-Pfalz (HAUENSTEIN u. a. 1996), in welchem eine Inventur der Spurenelementgehalte von Böden aus Rheinland-Pfalz und gleichzeitig eine Quantifizierung der natürlichen Boden-Schwermetallgehalte und der anthropogenen Kontamination erfolgt,
- die Arbeiten von KÖSTER und MERKEL (1985) für das Land Niedersachsen,
- „Hintergrundwerte für anorganische Schadstoffe in den Böden des Landes Mecklenburg-Vorpommern“ (SCHWEDER u.a. 1996)
- und aus Bayern die Arbeiten von JONECK und PRINZ (1993) im Maintal sowie von SUTTNER, AUßENDORF und MARTIN (1998), welche in den GLA-Fachberichten Hintergrundwerte für anorganische Problemstoffe in den Böden Bayerns veröffentlichten.

In den neuen Bundesländern wurden seit Mitte der achtziger Jahre Böden systematisch auf Schwermetalle untersucht. Die Ergebnisse für den Freistaat Thüringen wurden erstmals von GRÜN u. a. (1991) in einem Forschungsbericht des ehemaligen Institutes für Pflanzenernährung und Ökotoxikologie zusammengestellt. Im Jahr 1993 veranlasste das damalige Thüringer Ministerium für Umwelt und Landesplanung, heute Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (TMLNU) eine umfassende Beschreibung des Ist-Zustandes der Belastung Thüringer Böden mit Schwermetallen. Dieses Projekt ordnet sich in die oben genannten Arbeiten anderer Bundesländer ein und stellt einen wichtigen Schritt hinsichtlich der bundesweit angestrebten einheitlichen Bestandsaufnahme des Schwermetallstatus der Böden Deutschlands dar.

In der vorliegenden Arbeit werden die im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Schwermetallgehalte Thüringer Böden bzw. bodenbildender Gesteine sowie die aus anderen Projekten bekannten Schwermetallgehalte Thüringer Böden einer Auswertung unterzogen und thüringenspezifische Gehalte für Böden und das bodenbildende Gestein ermittelt. Das ist insbesondere von Bedeutung, weil in Thüringen der geologische Untergrund sehr vielfältig ist und regional große Unterschiede in der Schwermetallführung, allein verursacht durch die Beschaffenheit des bodenbildenden Materials, bestehen. Die Palette des geologischen Materials reicht vom Löß im Thüringer Becken und im Ostthüringer Raum, jungen vulkanischen Ergüssen in der Rhön über Sedimentgesteine des Zechstein und Trias bis hin zu metamorphen Gesteinen des Proterozoikum (vgl. auch SEIDEL u.a. 1995).

Ausgangspunkt für die Erarbeitung thüringenspezifischer Hintergrundwerte für Schwermetalle in Böden waren umfangreiche bodenkundliche und chemische Arbeiten an 174 punktförmig aufgeschlossenen Bodenprofilen Thüringens, welche einen repräsentativen Querschnitt der flächenmäßig bedeutungsvollen Substrate Thüringens und der daraus gebildeten Böden

darstellen. Ergänzend insbesondere im Sinne einer Erhöhung der n-Zahlen erfolgte eine Be-
probung und Untersuchung weiterer Oberböden Thüringens und einer Auswahl von Boden-
proben der Reichsmusterstücke der Bodenschätzung.

Die so gewonnenen Daten zu den Sb-, As-, Cd-, Pb-, Cr-, Ni-, Co-, Cu-, Hg-, Tl- und Zn-
Gehalten Thüringer Substrate und Oberböden wurden entsprechend der Empfehlungen der
Thüringer Landesanstalt für Geologie (Herr Dr. Schramm, mündl. Mitteilung) nach geolo-
gisch-lithologischen und regionalen Gesichtspunkten gruppiert, statistisch bearbeitet und an-
schließend weitgehend aggregiert.

Auf der Grundlage der dabei gewonnenen Erkenntnisse erfolgte eine Aufarbeitung der an
verschiedenen Einrichtungen Thüringens in Vergangenheit und Gegenwart erhobenen Be-
funden zu Schwermetallgehalten Thüringer Böden. Das betraf folgende Projekte (vgl. auch
Tabelle 2):

- Bodendauerbeobachtungsflächen,
- Bodenuntersuchung vor Klärschlammausbringung,
- Schwermetallerhebungsuntersuchungen der TLL,
- Schwermetallgehalt ausgewählter Bodenproben der systematischen Bodenunter-
suchung.

Letztendlich werden in der vorliegenden Arbeit auf der Basis aller in Thüringen durchgeführ-
ten Arbeiten zu Schwermetallgehalten in Böden und bodenbildenden Substraten

- die geogenen Schwermetallgrundgehalte flächenmäßig bedeutender Substrate
Thüringens charakterisiert,
- Hintergrundwerte für Oberböden abgeleitet
und somit ein Beitrag
- zur Charakterisierung des Ist-Zustandes der Belastung Thüringer Böden mit
Schwermetallen geleistet.

Die Ableitung von Schwermetall-Hintergrundwerten für Thüringer Oberböden erfolgt in Ab-
hängigkeit von der geologischen Herkunft des Ausgangsmaterials für die Bodenbildung
(Substrate), da sich dieser Einflussfaktor im Rahmen der Auswertung als entscheidend für
die Schwermetallführung Thüringer Böden erwiesen hat. Durch die Einbeziehung aller in
Thüringen erhobenen Schwermetallgehalte basieren sie auf einer soliden Datenbasis von
über 3000 Datensätzen und erlauben somit sichere Aussagen zu Schwermetallgehalten Thü-
ringer Böden.

2 Methodik

2.1 Lösungsweg

Die Erarbeitung von Hintergrundwerten für Schwermetalle in Böden setzt Kenntnisse über die natürliche Ausstattung des bodenbildenden Gesteins mit Schwermetallen und über Einflussfaktoren auf den Schwermetallgehalt im Oberboden voraus. Aus diesem Grund wurden Hintergrundwerte für Schwermetalle in den Böden Thüringens in zwei Stufen ermittelt:

In **Stufe 1** wurden verteilt über mehrere Jahre Bodenprofile in ganz Thüringen aufgeschlossen, horizontweise beprobt und entsprechend der Vorgaben von HINDEL & FLEIGE (1991) auf Schwermetalle und bodenphysikalische / bodenchemische Parameter untersucht. Die Auswahl der Standorte erfolgte mit dem Ziel, alle pedologisch relevanten Substrat-Lithotypen in Abhängigkeit von Flächenrepräsentanz, Lithotypenvielfalt und stratigraphischem Niveau möglichst repräsentativ mit Aufschlüssen zu belegen. Detaillierte Informationen zu den Auswahlkriterien sind in den Abschlußberichten des Projektes „Schwermetallgehalte Thüringer Böden“ enthalten. Die Planung und Durchführung der Aufschlussarbeiten einschließlich der Probenahme erfolgte durch die Jena-Geos Ingenieurbüro GmbH in enger fachlicher Zusammenarbeit mit der damaligen Thüringer Landesanstalt für Geologie. Die Aufschlüsse repräsentieren das für Thüringen bedeutungsvolle geologische Material bzw. die darauf entstandenen Bodenlandschaften. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die beprobten Substrate. Sie enthält neben weit verbreiteten Gesteinen auch flächenmäßig weniger bedeutungsvolles Material, für welches zu prüfen war, ob es regional eventuell auf Grund seines spezifischen Elementgehaltes Bedeutung erlangen könnte (z. B. Kupferschiefer des Zechstein, Gipse, Schwärzschiefer...).

Alle Probenahmestandorte liegen nicht in industriellen Ballungsräumen. Dadurch ist gewährleistet, dass neben den geogen bzw. pedogen bedingten Grundgehalten an Schwermetallen nur eine allgegenwärtige anthropogene Komponente miterfasst wird.

Die Laboruntersuchungen und alle Ergänzungsarbeiten wurden durch die Agrar- und Umweltanalytik GmbH durchgeführt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden alle auf diesem Weg gewonnenen Informationen zu Schwermetallgehalten Thüringer Böden einer Auswertung unterzogen, um sinnvolle Kriterien für eine Gruppierung im Zusammenhang mit der Erarbeitung von Hintergrundwerten für Schwermetalle in Thüringer Böden zu finden.

Tabelle 1: Übersicht zu den mittels Profilaufschlüssen beprobten Substraten Thüringens

Substrate der Lößstandorte

- Weichselglaziale Fluglöße, kalkhaltig
- Weichselglaziale Sandlöße, kalkfrei
- Umlagerungen weichselglazialer und älter-eiszeitlicher Löße (Flieölöße), kalkfrei

Substrate der Keuperstandorte

- Tonsteine, Tone, Tonmergel (einschl. Kolluvien und Schutt)
- Mergel
- Kalksteine / Dolomite
- Sandsteine
- Gips

Substrate der Muschelkalkstandorte

- Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo (einschl. Kolluvien und Schutt)
- Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des mm
- Kalksteine des mu
- Gipse

Substrate der Buntsandsteinstandorte

- Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Flieölerden des Röt (oberer Buntsandstein)
- Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein
- Gipse

Substrate der Zechsteinstandorte

- Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Flieölerden
- Kalksteine und Dolomite
- Gipse
- Kupferschiefer

Substrate des Thüringer Waldes (Jungpaläozoikum sowie paläozoische Granite und Gneise)

- Sandsteine des Permosiles
- Ton- und Schluffsteine des Permosiles
- Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe
- Dolerit und Melaphyr
- Granite
- Gneise, phyllitische Tonschiefer, kontaktmetamorphe Schiefer

Substrate des Thüringer Schiefergebirges (Unterkarbon bis Oberes Proterozoikum)

- Tonschiefer
- Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer-Wechsellagerung
- Quarzite, Quarzitschiefer
- Diabase, Diabastuffe
- Kalksteine (Silur und Devon)
- Kieselschiefer
- Schwärzschiefer
- Silikatische Eisenerze

Basalte der Rhön

Da die Profilaufschlüsse inklusive aller Ergänzungsuntersuchungen eine zu geringe Datenbasis für sichere Aussagen zu Hintergrundwerten für Schwermetalle in Böden bilden, wurde in **Stufe 2** geprüft, welche Einrichtungen Thüringens ebenfalls Datenbestände zu Schwermetallgehalten Thüringer Böden besitzen. Erwiesen sich diese Daten als geeignet für eine Erarbeitung von Hintergrundwerten, wurden sie ebenfalls dafür nutzbar gemacht. (vgl. Kap. 3.2). Das bedeutet, dass nach topographischer Darstellung der durch die untersuchte Probe repräsentierten Fläche deren geologische und bodenkundliche Zuordnung erfolgte (vgl. Kap. 2.2.1). Diese Arbeiten realisierten die Agrar- und Umweltanalytik GmbH (topographische Darstellung) und Herr Dr. D. Rau (geologisch / bodenkundliche Zuordnung), ein Bodenkundler mit detaillierten Kenntnissen der Situation im Freistaat Thüringen.

Das gesamte Datenmaterial wurde anschließend zusammengeführt und unter den über die Auswertung der Profilaufschlüsse gewonnenen Kriterien gruppiert. Im Ergebnis können Hintergrundwerte für Schwermetalle in Thüringer Böden ausgewiesen werden, welche auf einer äußerst umfangreichen Datenbasis beruhen und den spezifischen Gegebenheiten des Landes Thüringen ausreichend Rechnung tragen.

2.2 Datenbasis

2.2.1 Übersicht über die in Thüringen durchgeführten Arbeiten zu Schwermetall- und As-Gehalten in Böden und Substraten

In die Erarbeitung von geogenen Grundgehalten und Hintergrundwerten für Schwermetalle in Thüringer Oberböden sind alle zu dieser Thematik in Thüringen durchgeführten und als geeignet befundenen Datenbestände eingeflossen. Tabelle 2 gibt einen Überblick über diese Arbeiten und gleichzeitig Hinweise zu durchführender Stelle, Bearbeitungszeitraum und untersuchten Elementen. Den Datenbeständen liegen teilweise unterschiedliche Fragestellungen und damit verbunden unterschiedliche Probenahmestrategien und Untersuchungsmethoden zugrunde.

Prinzipiell ist, wie im vorangegangenen Kapitel erläutert, zwischen den durch das TMLNU veranlassten und über ganz Thüringen verteilten Profilaufschlüssen (vgl. TMLNU 1993-1995) und den im wesentlichen an der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) bzw. dem ehemaligen Institut für Pflanzenernährung und Ökotoxikologie Jena (IPE) erarbeiteten Datenbeständen (Pos. 4 bis 7 in Tabelle 2) zu unterscheiden. Die Profilaufschlüsse wurden unmittelbar zur Schaffung von geogenen Grundgehalten und Hintergrundwerten für Schwermetalle in Thüringer Böden angelegt. Sie wurden durch eine gezielte Beprobung von Oberböden sowie die Untersuchung von Proben der Reichsmusterstücke der Bodenschät-

zung (Pos. 2 und 3 in Tabelle 2) ergänzt, um bereits in dieser Phase die n-Zahlen für eine statistische Auswertung zu erhöhen.

In der Vergangenheit wurden durch das ehemalige Institut für Pflanzenernährung und Ökotoxikologie Bodenproben aus der systematischen Bodenuntersuchung auf die Schwermetalle Cd, Pb, Cr, Co, Cu, Ni, Hg und Zn untersucht, hier bereits mit der Zielstellung, den Schwermetallstatus landwirtschaftlich genutzter Böden der ehemaligen DDR zu charakterisieren. An diese Untersuchungen schlossen sich 1990 bis 1991 Erhebungsuntersuchungen zu den sieben in der AbfKlärV (BMNUR 1992) verankerten Elemente Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Hg und Zn in landwirtschaftlich genutzten Böden Thüringens durch die damalige Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt an. Seit 1993 werden gemäß der 1992 in Kraft getretenen der Klärschlammverordnung an der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft außerdem Böden vor Klärschlammausbringung auf die genannten Elemente untersucht.

Tabelle 2: Übersicht der Arbeiten zu Schwermetall- und As-Gehalten Thüringer Böden

<i>Datenbestand</i>	<i>Auftrag- geber</i>	<i>Bearbeitungs- zeitraum</i>	<i>Anz. der Standorte</i>	<i>Elemente</i>
(1) Schwermetallgehalte Thüringer Böden: Profilaufschlüsse	TMLNU	1993 - 1995	174	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu, Hg, Tl, Zn
(2) Schwermetallgehalte Thüringer Böden: Zusatzbeprobung von Oberböden Thüringens	TMLNU	1995	195	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu, Hg, Tl, Zn
(3) Schwermetallgehalte Thüringer Böden: Reichsmusterstücke der Bodenschätzung	TLG	1995	42	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu, Hg, Tl, Zn
(4) Bodenuntersuchung vor Klärschlammausbringung	TLL	1993 - 1995	374	Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Zn, Hg
(5) Schwermetallerhebungsuntersuchungen	TLL	1990 - 1991	1425	Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Zn, Hg
(6) Schwermetallgehalt von ausgewählten Bodenproben der systematischen Bodenuntersuchung	IPE Jena	1987 - 1992	908	Cd, Ni, Pb, Cu, Zn, Cr, Co, Hg
(7) Bodendauerbeobachtungsflächen	TLG / TLU	1995 - 1996	6	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu, Hg, Tl, Zn

Der grundlegende Unterschied zwischen allen Datenbeständen ist die Art des Aufschlusses zur Bestimmung der Schwermetalle. Die Proben aus den Profilaufschlüssen und die ergänzenden Proben (Oberböden und Proben der Reichsmusterstücke) wurden in Anlehnung an

HINDEL & FLEIGE 1991 mittels Flußsäure unter Druck vollständig aufgeschlossen, während in allen anderen Projekten die Extraktionsmittel Königswasser oder Salpetersäure zum Einsatz kamen (vgl. Kapitel 2.4).

Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht in der Probenahme. Die Profilproben wurden punktförmig und horizontorientiert entnommen. In den meisten anderen Projekten wurden in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung Flächenmischproben mittels Bohrstock aus dem Ah- bzw. Ap - Horizont gewonnen. Detailliertere Informationen dazu sind dem Kapitel 2.3 zu entnehmen.

2.2.2 Nutzbarmachung von Datenbeständen der TLL und Vorgängereinrichtungen

Um das in Kapitel 2.2.1 aufgeführte umfangreich in der TLL und dem ehemaligen IPE Jena erarbeitete Datenmaterial für die Erarbeitung von Hintergrundwerten für Schwermetalle in Thüringer Böden verwertbar zu machen, mussten die Proben geographisch und bodenkundlich - geologisch zugeordnet werden. Dazu wurde folgendermaßen vorgegangen:

1. Geographische Zuordnung der Probenahmeflächen

Die Informationen für eine geographische Zuordnung lagen in unterschiedlicher Form vor:

- Flur- / Flurstücksnummern (Bodenuntersuchung gemäß AbfKlärV (BMNUR 1992) vor Klärschlammausbringung)
- Eintragungen in topographische Karten TK 25 (AS) (Schwermetallerhebungsuntersuchungen)
- Schlagkarten der ehemaligen Landwirtschaftsbetriebe (Schwermetallgehalt von ausgewählten Bodenproben der systematischen Bodenuntersuchung)

In jedem Falle musste eine Übertragung der Flächenumrisse bzw. Flächenschwerpunkte (betrifft Schwermetallerhebungsuntersuchungen) in topographische Karten TK 25 E (Messtischblätter mit Gauß-Krüger-Koordinaten) erfolgen.

1. Ermittlung der Koordinaten des Schlagschwerpunktes (Diagonalmethode) als Bezugspunkt für die Analysenwerte (Gauß-Krüger-Koordinaten).
2. Übernahme der für die Fläche maßgeblichen Grenzen der bodenkundlichen Einheiten aus den substratbezogen erstellten bodengeologischen Karten im Maßstab 1 : 25.000.

3. Abschätzung der prozentualen Anteile der verschiedenen bodenkundlichen / bodengeologischen Einheiten an der Gesamtfläche (betrifft nur die Projekte Bodenuntersuchung nach AbfKlärV (BMNUR 1992) und Systematische Bodenuntersuchung).
4. Bewertung der geologisch - bodenkundlichen Zuordenbarkeit der Fläche und damit der Eignung für das Gesamtprojekt über Bewertungszahlen BW1 bis BW4:
 - BW 1 Fläche eindeutig zuzuordnen
 - BW 2 Fläche im wesentlichen zuzuordnen
Eine Beteiligung weiterer bodenkundlich verwandter Einheiten am Aufbau der Fläche liegt bei 20 bis max. 40%. Die Abweichungen sind bezüglich der Zuordenbarkeit der Schwermetallgehalte tolerierbar.
 - BW 3 Fläche eingeschränkt zuzuordnen
Neben der Beteiligung bodenkundlich verwandter Einheiten sind auch weniger verwandte Einheiten bis max. 40% enthalten. Die Variationsbreite ist zwar beträchtlich, fällt jedoch nicht so stark ins Gewicht, dass eine Zuordnung der Schwermetallgehalte absolut auszuschließen wäre.
 - BW 4 Fläche bodenkundlich nicht zuzuordnen.

Eine geographische Zuordnung von Teilflächen eines Schlages, wie sie beispielsweise Ausgangspunkt der Untersuchungen zur Klärschlammverordnung ist, war nicht möglich. In diesem Fall wurde mit dem arithmetischen Mittel aller erhobenen Einzelwerte eines Schlages weitergearbeitet. Das arithmetische Mittel fand ebenfalls Verwendung, wenn eine Probenahme-Fläche zu mehreren Terminen untersucht wurde.

Die bodenkundliche Zuordnung der beschriebenen Flächen bildet die Grundlage für eine Gruppierung des Datenmaterials entsprechend der im Rahmen des Hauptprojektes definierten zusammengefassten Substratgruppen.

2.3 Probenahme

2.3.1 Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen

Die Probenahme an den Profilaufschlüssen und den zur Erhöhung der n-Zahlen zusätzlich entnommenen Proben (vgl. Tabelle 4) war immer durch den Horizontaufbau der anstehenden Bodenform bestimmt.

(1) Profilaufschlüsse:

Die Probenentnahme wurde horizontorientiert (vgl. Tabelle 3) vorgenommen und folgte den Empfehlungen der KA 3/4 bzw. der bei HINDEL & FLEIGE (1991) beschriebenen Vorgehensweise. In Abhängigkeit von der Konsistenz des Materials wurden die Proben wenn möglich per Hand am gereinigten Stoß der Schürfe entnommen. Bei zähem Material wurde darauf geachtet, dass die Probenbruchstücke keine Berührung mit den Schurfwerkzeugen hatten.

Eine genaue Dokumentation der Profile sind in den Berichten der Jahre 1993 bis 1995 zum Projekt des TMLNU zu finden.

(2) Schwermetallgehalt von Oberböden Thüringens

Erstellung einer horizontbezogenen Mischprobe für den ausgewählten Standort. Es wurde nur der obere humose Mineralbodenhorizont („Oberboden“, keine Auflagehorizonte) beprobt.

(3) Reichsmusterstücke der Bodenschätzung

Die Probenahme erfolgte als Mischprobe über die im Aufnahmeformular beschriebene Tiefe und orientierte sich in den meisten Fällen ebenfalls an den Bodenhorizonten.

Tabelle 3: Probenahmestrategie für die Profilaufschlüsse

• <i>Humus-Auflagehorizont bei Waldböden</i>	⇒ vollständige Mischprobe
• <i>Bewirtschaftete A-Horizonte</i> Ap-Horizont bei Ackernutzung Ah-Horizont <0,3m bei Grünlandnutzung	⇒ vollständige Mischprobe über Gesamtmächtigkeit
• <i>Unterbodenhorizonte</i> B-, M-, P-, G-, S-Horizonte	⇒ Mischproben aus horizonttypischem Intervall ohne Übergangs- u. Grenzbereiche
• <i>Substrate C_v-, C_n-Horizonte</i> (Basisschutte, Basisfließerden, Festgestein)	⇒ Mischprobe des Substrates, ggf. Probe des substrattypischen Skelettanteils
• <i>Schichten II/III</i> (im Falle einer Fremddecke Haupt- und Mittellagen)	⇒ Festgesteinsprobe zur ergänzenden Substratcharakteristik

Tabelle 4: Übersicht zu Probenahmestrategien der Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen

<i>Projekt</i>	<i>Probenahme</i>	<i>Probenart</i>	<i>Elemente</i>
(1) Schwermetallgehalte Thüringer Böden: Profilaufschlüsse	Schurf	horizontbezogen über das gesamte vertikale Profil	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu, Hg, Tl, Zn
(2) Schwermetallgehalte Thüringer Böden: Zusatzbeprobung von Oberböden Thüringens	Mischprobe eines repräsentativen Teilstückes	A _h bzw. A _p - Horizont	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu, Hg, Tl, Zn
(3) Schwermetallgehalte Thüringer Böden: Reichsmusterstücke der Bodenschätzung	Schurf	2 bis 3 Horizonte pro Profil	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu, Hg, Tl, Zn

2.3.2 Datenbestände der TLL und Vorgängereinrichtungen

Die Art der Probenahme weicht zwar in den Projekten der TLL und Vorgängereinrichtungen auf Grund anderer Aufgabenstellungen von der Vorgehensweise bei den Profilaufschlüssen (und ergänzenden Untersuchungen) ab, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass in der Regel Proben aus den Oberbodenhorizonten zur Untersuchung kamen.

Im einzelnen wurde folgendermaßen vorgegangen (Übersicht in Tabelle 5):

(4) Bodenuntersuchung vor Klärschlammausbringung

Mischprobe (Bohrstock) des Ap-Horizontes von 3 ha großen Teilstücken.

(5) Schwermetallerhebungsuntersuchungen

Mischprobe (Bohrstock) des Ap-Horizontes eines repräsentativen, 5 ha großen Teilstückes einer landwirtschaftlichen Bewirtschaftungseinheit.

(6) Schwermetallgehalt von ausgewählten Bodenproben der systematischen Bodenuntersuchung

Mischprobe (Bohrstock) des Ap-Horizontes einer landwirtschaftlichen Bewirtschaftungseinheit (Schlag), Begehung im liegenden N.

(7) Bodendauerbeobachtungsflächen

Horizontbezogene Probenahme an einem Leitprofil. Ebenfalls horizontbezogene Flächenmischproben durch systematisches Begehen der Kernfläche mit einem Bohrstock (6 Einstiche pro Probe).

Tabelle 5: Übersicht zur Probenahmestrategie in den Projekten der TLL und Vorgängereinrichtungen

<i>Projekt</i>	<i>Probenahme</i>	<i>Probenart</i>	<i>Elemente</i>
(4) Bodenuntersuchung vor Klärschlammausbringung	Mischprobe für max. 3-ha-Teilstücke	0 - 30 cm	Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Zn, Hg
(5) Schwermetallerhebungsuntersuchungen	Mischprobe <u>einer</u> repräsentativen Teilfläche	0 - 30 cm	Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Zn, Hg
(6) Schwermetallgehalt von ausgewählten Bodenproben der systematischen Bodenuntersuchung	Mischprobe über Gesamtfläche (Schlag)	0 - 30 cm	Cd, Ni, Pb, Cu, Zn, Cr, Co, Hg
(7) Bodendauerbeobachtungsflächen	Schurf Flächenmischprobe	horizontbezogen bis C-Horizont	Sb, As, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu, Hg, Tl, Zn

2.4 Probenvorbereitung und Analytik

2.4.1 Bodenphysikalische und bodenchemische Parameter

Die Bestimmung bodenphysikalischer und bodenchemischer Parameter erfolgte auf der Grundlage üblicher DIN-Verfahren:

Parameter	DIN-Verfahren	Methode
pH-Wert:	<i>DIN 19684, Teil 1</i>	0,01 M CaCl ₂ -Extrakt, elektrometrisch
Carbonat:	<i>DIN 16684, Teil 5</i>	gasvolumetrisch mit der SCHEIBLER-Apparatur
Organische Substanz:	<i>DIN 19684, Teil 2</i>	colorimetrisch über Naßverbrennung mit K ₂ Cr ₂ O ₇ und konzentrierter H ₂ SO ₄) bzw. Elementaranalyse
Kationenaustauschkapazität:	<i>DIN 16684, Teil 8</i>	nach MEHLICH
Korngrößenverteilung:	<i>DIN 19683, Blatt 1 und 2</i>	kombinierte Sieb- und Pipettanalyse nach KÖHN, 7 Fraktionen

Diese Untersuchungen wurden in den einzelnen Projekten durch folgende Einrichtungen vorgenommen:

(1) Schwermetallgehalte Thüringer Böden: Profilaufschlüsse	AUA GmbH
(2) Schwermetallgehalte Thüringer Böden: Zusatzbeprobung von Oberböden Thüringens	AUA GmbH
(3) Schwermetallgehalte Thüringer Böden: Reichsmusterstücke der Bodenschätzung	TLL
(4) Bodenuntersuchung vor Klärschlammasbringung:	TLL
(5) Schwermetallerhebungsuntersuchungen der TLL:	TLL
(6) Schwermetallgehalt ausgewählter Bodenproben der systematischen Bodenuntersuchung:	IPE Jena
(7) Bodendauerbeobachtungsflächen:	TLL / AUA GmbH

2.4.2 Schwermetalle und As

2.4.2.1 Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen

Die Bestimmung der Schwermetalle orientierte sich streng an der Arbeit von HINDEL & FLEIGE (1991). Im einzelnen wurde folgendermaßen vorgegangen:

(1) Profilaufschlüsse:

- Absiebung des Feinbodenanteils (Fraktion < 2 mm, a-Probe) mittels Kunststoffsieb. In der Steinfraction (Fraktion > 2 mm, b-Probe) verbliebene Bodenagglomerate wurden in einer Porzellanreibschale vorsichtig zerstoßen und anschließend erneut gesiebt. Dieser Vorgang wurde solange wiederholt, bis in der Fraktion > 2 mm nur noch Steine vorhanden waren,
- Mahlen der Feinboden- und Steinfraction mit einer Fliehkraftkugelmühle unter Verwendung eines Mahlbestecks aus Zirkonoxyd,
- Aufschluss der Boden- und Gesteinsproben nach den von HINDEL & FLEIGE (1991) beschriebenen Grundsätzen. Folgende Aufschlussverfahren wurden gewählt:
 - Druckaufschluss mit $\text{H}_2\text{F}_2/\text{HNO}_3/\text{HCl}$ -Gemisch: **Co , Cr , Cu, Ni, Pb, Zn**
 - Druckaufschluss mit HNO_3 : **As, Cd, Hg, Tl**
 - Druckaufschluss mit Königswasser: **Sb**
- quantitativer Nachweis der Schwermetalle in der Feinboden- und Steinfraction auf der Grundlage der in Tabelle 6 aufgeführten Methoden.

Ausführende Einrichtung: Agrar- und Umweltanalytik GmbH Jena

Tabelle 6: Analysenverfahren für Spurenelemente und ihre Nachweisgrenzen

Element	Methode*		NWG (mg/kg TS)
Sb	Hydrid - AAS	(DIN 38 405 D 18)	0,045
As	Hydrid - AAS	(DIN 38 405 D 18)	0,045
Pb	ICP - OES	(DIN 38 406 E 22)	2,0
Cd	Graphitrohr - AAS	(V DIN 38 406 E 19-2)	0,015
Cr	ICP - OES	(DIN 38 406 E 22)	2,0
Ni	ICP - OES	(DIN 38 406 E 22)	2,0
Co	ICP - OES	(DIN 38 406 E 22)	2,0
Cu	ICP - OES	(DIN 38 406 E 22)	2,0
Hg	Kaltdampf - AAS	(DIN 38 406 E 12-1)	0,01
Tl	Graphitrohr - AAS	(DIN 38 406 E 19-3)	0,30
Zn	ICP - OES	(DIN 38 406 E 22)	2,0

*Es werden die zur Zeit der Projektbearbeitung aktuellen Methoden zitiert, welche mittlerweile zu einem hohen Prozentsatz überarbeitet bzw. als Euronorm verabschiedet sind.

(2) Schwermetallgehalt von Oberböden Thüringens

Untersuchung aller 11 Elemente nach den in Tabelle 6 für die Profilaufschlüsse angeführten Methoden

Ausführende Einrichtung: Agrar- und Umweltanalytik GmbH Jena

(3) Reichsmusterstücke Bodenschätzung

Untersuchung aller 11 Elemente nach den in Tabelle 6 für die Profilaufschlüsse angeführten Methoden

Ausführende Einrichtung: Agrar- und Umweltanalytik GmbH Jena

2.4.2.2 Datenbestände der TLL und Vorgängereinrichtungen

Während die im Rahmen der Profilaufschlüsse gewonnenen Proben einheitlich mit Flusssäure behandelt wurden, liegen für alle weiteren Datenbestände davon abweichende Aufschlussverfahren vor:

(4) Bodenuntersuchung vor Klärschlammausbringung

Königswasseraufschluss der Fraktion < 2mm gemäß DIN 38 414 - S7

Nachweis der Elemente Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Hg und Zn über die in Tabelle 6 dargestellten Methoden.

Ausführende Einrichtung: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

(6) Schwermetallerhebungsuntersuchungen

Königswasseraufschluss der Fraktion < 2mm gemäß DIN 38 414 - S7

Nachweis der Elemente Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Hg und Zn über die in Tabelle 6 dargestellten Methoden.

Ausführende Einrichtung: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

(7) Schwermetallgehalt von ausgewählten Bodenproben der systematischen Bodenuntersuchung

Aufschluss der Fraktion < 2mm mit siedender 1,5 N HNO₃

Bestimmung der Elemente Cd, Pb, Cr, Co, Cu, Ni, Hg und Zn über die in Tabelle 6 dargestellten Methoden.

Ausführende Einrichtung: ehem. Inst. für Pflanzenernährung und Ökotoxikologie Jena

(8) Bodendauerbeobachtungsflächen

Aufschluss der Fraktionen < 2mm und > 2mm:

- Königswasseraufschluss gemäß DIN 38 414 - S7:
Cr , Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Hg, Pb, Tl, As, Sb
- Druckaufschluss mit HNO₃:
Tl

Nachweis der oben aufgeführten Elemente im Aufschluss über die in Tabelle 6 dargestellten Methoden.

Ausführende Einrichtung:

<i>Landwirtschaft:</i>	<i>Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft</i>
<i>Sonderstandorte:</i>	<i>Agrar- und Umweltanalytik GmbH Jena</i>

2.5 Statistische Verfahren

Die im Rahmen der Probenahme erhobenen Daten und die Laborergebnisse zu bodenphysikalischen und bodenchemischen Parametern sowie Schwermetallen wurden getrennt für die einzelnen Projekte in MS - Excel Arbeitsmappen zusammengeführt.

Für das unter stratigraphischen und petrographischen Aspekten gruppierte Datenmaterial wurden die in Tabelle 7 aufgelisteten und kurz skizzierten statistischen Parameter berechnet. Alle einfachen statistischen Kalkulationen erfolgten unter EXCEL in Dateien mit Bezug zu einer Urdatenliste. Elementkonzentrationen unter der Nachweisgrenze der angewendeten Verfahren gingen mit 75% der Nachweisgrenze in die Berechnungen ein.

In die Diskussion der Ergebnisse fließen immer statistische Parameter der ausreißerbereinigten Datenmengen ein. Ausreißer wurden in Anlehnung an die von PRECHT / KRAFT (1993) empfohlene Verfahrensweise über eine Medianstatistik eliminiert. Alle Schwermetallgehalte < (Median - 4*Disp.) bzw. > (Median + 4*Disp.) wurden, wenn eine Fehlgruppierung hinsichtlich geologisch-lithologischer Gesichtspunkte wenig wahrscheinlich war, in einem Schritt als Ausreißer von weiteren statistischen Berechnungen ausgeschlossen.

Die Erkennung von Elementen mit Mittelwertsunterschieden zwischen den Substratgruppen erfolgte über die durch das Programm Statistika angebotene univariate Varianzanalyse ANOVA (detaillierte Beschreibung siehe Tabelle 8). Mittels Scheffé-Test (detaillierte Beschreibung siehe ebenfalls Tabelle 8) wurde festgestellt, welche der Gruppenmittelwerte anderen Grundgesamtheiten entstammen.

Den Empfehlungen der LABO (1995) folgend, wurde für die Festlegung von Hintergrundwerten das 90er Perzentil genutzt. Auch das 95er Perzentil, das doppelte des arithmetischen Mittels oder die Summe aus arithmetischem Mittel und dem dreifachen der Standardabweichung werden in der Literatur zur Abgrenzung von erhöhten Elementgehalten genutzt (MYERS & THORBJORNSEN 2004).

Tabelle 7: Beschreibung der berechneten statistischen Kennwerte

Kennwert	Algorithmus/Bezeichnung	Beschreibung
Einzelwert	x_i	Wert einer beobachteten Größe
Anzahl	n	Charakterisiert den Umfang einer Stichprobe (Anzahl aller Beobachtungen)
Maximum	x_{\max}	Größter Wert einer Stichprobe
Minimum	x_{\min}	Kleinster Wert einer Stichprobe
Mittelwert	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	Das arithmetische Mittel kennzeichnet die durchschnittliche Größe einer Stichprobe und beschreibt die Lage bzw. das Zentrum ("zentrale Tendenz") der Verteilung einer Variablen.
Median	Med_{x_i}	Als ein Maß der zentralen Tendenz einer Variablen teilt der Median (= 0,5er Quartil oder 50er Perzentil, s.u.) die (größensortierten) Beobachtungen einer Stichprobe in zwei Hälften gleichen Umfangs. (Ist die Anzahl der Beobachtungen in der Stichprobe gerade, wird der Median als arithmetisches Mittel der beiden "mittleren" Werte berechnet.) Da die Medianermittlung auf der (größensortierten) Rangordnung einer Stichprobe basiert, ist der Einfluß durch Extrema geringer als beim Mittelwert.
Perzentil	z.B. 25er Perzentil	Eine bestimmte prozentuale Anzahl aller Beobachtungen in einer Stichprobe (lt. Bsp. $\frac{1}{4}$ – welche auch dem Unteren Quartil entspricht) ist kleiner als dieser Wert. Während die Quartile (als wohldefinierte Teilmenge der Quantile) der Gruppenbildung innerhalb einer Stichprobe dienen, finden Quantile eher Anwendung bei der Festlegung eines bestimmten Schwellenwertes.
Dispersion	$Disp. = Med_{(x_i - Med_{x_i})}$	Als Median der (absoluten) Abweichungen der Einzelwerte vom Stichprobenmedian liefert die Dispersion ein Maß für die Verteilung einer Variablen in der Stichprobe.
Ausreißer	$A > / < Med_{x_i} + / - 4 Disp.$	Ungleichung zum Erkennen von Ausreißern in einer Stichprobe durch Festlegen einer zulässigen Schwankungsbreite der Einzelwerte um den Stichprobenmedian in Abhängigkeit von der Variablenausbreitung in der Stichprobe.

Tabelle 8: Beschreibung der angewendeten statistischen Verfahren

Kennwert	Beschreibung
Varianzanalyse (ANOVA)	Die univariate, unbalancierte ANOVA von Bodengruppen mit dem Gruppenfaktor „Ausgangsmaterial der Bodenbildung“ diente hier dem statistischen Test auf signifikante Mittelwertdifferenzen im Spurenelementgehalt mit bestimmter Irrtumswahrscheinlichkeit. Die ANOVA nutzt dazu die Möglichkeit einer Zerlegung der Gesamtstreuung von Variablen in eine zwischen (SQ_{zwischen}) und eine innerhalb (SQ_{innen}) der betrachteten Gruppen. Die letzteren Komponenten werden hinsichtlich der Grundgesamtheit geschätzt (MQ_i) und auf statistische Signifikanz mittels F-Test verglichen. Dabei wird geprüft, ob der Quotient aus Zwischengruppen- und Innergruppen-Varianz ($MQ_{\text{Effekt}}/MQ_{\text{Fehler}}$) signifikant größer als 1 ist. Bei Signifikanz ist die Annahme der Globalnullhypothese (kein Mittelwertunterschied) zugunsten der Alternative (mindestens ein Mittelwert entstammt einer anderen Grundgesamtheit) zu verwerfen. Welche Gruppenmittelwerte dies im einzelnen sind, kann mit den Verfahren des multiplen Mittelwertvergleichs näher untersucht werden (s.u.).
Scheffé-Test	Dieser sehr konservative multiple post-hoc Test für den paarweisen Mittelwertvergleich von Stichprobengruppen benutzt die Fraktile der F-Verteilung. Hier eingesetzt, um die Mittelwerte der Spurenelementgehalte von Bodengruppen auf statistisch signifikante Unterschiede hin zu untersuchen. Das Ergebnis ist eine Matrix für jedes Spurenelement, in der jede Gruppe mit den übrigen verglichen wird. Bei ausgewiesener Signifikanz, ist die Nullhypothese (kein Mittelwertunterschied zwischen 2 betrachteten Bodengruppen für dieses Element) zu verwerfen und eine Zugehörigkeit zu 2 verschiedenen Grundgesamtheiten anzunehmen. Der Scheffé-Test (auch S-Prozedur oder GSD = <i>globally significant difference</i>) hält das multiple (\Rightarrow konservativ) und damit auch das globale Niveau α . Das bedeutet, er garantiert, dass die Wahrscheinlichkeit, eine wahre Nullhypothese irrtümlich abzulehnen (einen Fehler 1. Art zu begehen) $\leq \alpha$ ist, vorausgesetzt, die Globalnullhypothese ist wahr.

3 Ergebnisse

Der Schwermetallgehalt von Böden wird maßgeblich bestimmt durch deren geologische Herkunft (AUBERT & PINTA 1977, LEE & YAO 1970, GARRETT 2000, MATSCHULLAT u. a. 2000). Regionale Informationen zu Geologie und Bodenkunde liegen flächendeckend relativ kleinmaßstäblich vor und sind somit zur Beurteilung von Schwermetallgehalten recht unkompliziert zu erhalten. Deshalb wurden in den meisten Bundesländern Aussagen zu Hintergrundwerten für Schwermetalle auf der Basis der geologischen Herkunft des Ausgangsmaterials für die Bodenbildung getroffen. Insbesondere sind hierfür zu nennen die bereits in Kapitel 1 aufgeführten Arbeiten aus Sachsen (BARTH u. a. 1996), Baden-Württemberg (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1994), Rheinland-Pfalz (HAUENSTEIN u. a. 1996) und Bayern (SUTTNER, AUßENDORF und MARTIN 1998). Andere für die An- und Abreicherung von Schwermetallen in Böden bedeutungsvolle bodenchemische oder bodenphysikalische Eigenschaften wie pH-Wert, Tongehalt und organische Substanz spielen für Thüringer Böden, wie in Kapitel 4 beispielhaft demonstriert wird, eine untergeordnete Rolle.

Aus diesem Grund wurden die Analysenergebnisse der Profilaufschlüsse einschließlich ergänzender Untersuchungen (TMLNU 1993 bis 1995) primär detailliert unter geologischen Gesichtspunkten ausgewertet. Tabelle 58 gibt in Spalte 2 einen Überblick über die Vielfalt des dabei berücksichtigten geologischen Materials.

Auf der Basis der dabei gewonnenen Erkenntnisse wurde geprüft, wie stark das Datenmaterial ohne größere Informationsverluste wieder aggregiert werden kann (Kap. 3.1.1 bis 3.1.8). Infolgedessen wurden die Böden und das bodenbildende Gestein Thüringens in eine wesentlich geringere Anzahl von Gruppen unterschiedlicher Schwermetallausstattung eingeordnet (vgl. Spalte 3 in Tabelle 58). Die Ergebnisse sind in den Kapiteln 3.1.1 bis 3.1.8 im Vergleich zu bundesweit erhobenen Gehalten dargestellt und im einzelnen der Anlage 1 zu entnehmen.

Ausgehend von den anhand der Gesamtgehalte gewonnenen Erkenntnissen erfolgte die Aufarbeitung des Datenmaterials der TLL und Vorgängereinrichtungen, welches auf abweichenden Aufschlussverfahren beruht. Diese Ergebnisse werden im Kapitel 3.2 dargestellt und unter Berücksichtigung der Aufschlussverfahren mit den Gesamtgehalten verglichen. Die gute Übereinstimmung des Datenmaterials führte letztendlich zur Ableitung von Hintergrundwerten für Thüringer Böden auf der Grundlage des gesamten Datenbestandes Thüringens, der über 3000 Datensätze umfasst (vgl. Kap. 4).

3.1 Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen

Die Darstellung der Untersuchungsergebnisse zu den Profilaufschlüssen und Ergänzungsuntersuchungen (Reichsmusterstücke und zusätzliche Beprobung von Oberböden) erfolgt in den Kapiteln 3.1.1. bis 3.1.8 im wesentlichen unter stratigraphischen Gesichtspunkten. Das erste Kapitel ist den erdgeschichtlich relativ jungen Lössen gewidmet. Die folgenden 4 Kapitel behandeln in „chronologischer“ Abfolge die jungpaläozoisch - mesozoischen Sedimente des Muschelkalk, Keuper, Buntsandstein und Zechstein. Im Kapitel 3.1.6 „Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten des Thüringer Waldes“ werden die dort vorherrschenden jungpaläozoischen Molassesubstrate aber auch paläozoische Granite und Gneise und in Kapitel 3.1.7 „Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten des Thüringer Schiefergebirges“ proterozoisch-altpaläozoische Substrate beschrieben. Im letzten Kapitel sind die Basalte der Rhön weiteren erdgeschichtlich älteren basischen Vulkaniten gegenübergestellt. In allen Kapiteln werden die Substrate und die daraus gebildeten Oberböden zuerst relativ differenziert besprochen und verglichen und dann zusammengefasst. Die Aggregation erfolgt primär in Abhängigkeit vom Elementgehalt, die Flächenrepräsentativität und die sichere Unterscheidung der Substrate bei einer Bodenansprache finden jedoch ebenfalls Berücksichtigung.

3.1.1 Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten der Lößstandorte

Böden aus Löß sind im zentralen Thüringer Keuperbecken und seinen Randbereichen, im Südthüringischen Grabfeld und im Ostthüringisch-Sächsischen Lößhügelland zu finden. Es werden 4 Gruppen von Lößsubstraten unterschieden:

- weichselglaziale Fluglöße, kalkhaltig;
- weichselglaziale Sandlöße, kalkfrei;
- Umlagerungen weichselglazialer und älter-eiszeitlicher Löße (Fließlöße), kalkfrei;
- tonige Gleylöße der Ostthüringer Region, kalkfrei.

Lößsubstrate wurden an 8 Standorten erschlossen und liegen mit insgesamt 20 Proben vor. Proben aus dem Verbreitungsgebiet der tonigen Gleylöße sind nicht unter der Substratgruppierung zu finden. Die dort angetroffenen Lößdecken waren durchweg zu geringmächtig, um als C-Horizont in Erscheinung zu treten. Sie wurden vollständig in die Bodenbildung einbezogen. Oberböden kamen insgesamt 89 zur Auswertung.

3.1.1.1 Substrate

In Tabelle 9 sind Median und Schwankungsbreite der Elementkonzentrationen Thüringer Lössen den von HINDEL & FLEIGE (1991) gefundenen Werten gegenübergestellt. Für die Thüringer Region liegen bislang keine Angaben zu Schwermetallgehalten in Lössen vor.

Detaillierte Angaben zum verarbeiteten Datenmaterial und weitere statistische Kennzahlen sind in der Anlage 1 enthalten.

Der Vergleich von Median und geometrischem Mittel zeigt, dass die in Thüringer Lössen gefundenen Elementkonzentrationen gut mit den von HINDEL & FLEIGE (1991) mitgeteilten übereinstimmen. Besonders gut ist die Übereinstimmung für die Elemente As, Cu, Hg, Ni und Zn. Bemerkenswert ist der niedrige Pb-Gehalt Thüringer Lössen. Sie wiesen nur 50% der Pb-Konzentrationen der von HINDEL & FLEIGE (1991) untersuchten Lößsubstrate auf.

Tabelle 9: Elementgehalt (mg/kg TS) Thüringer Lössen (Median, x_{\min} , x_{\max} , ausreißerbereinigt) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) ermittelten Konzentrationen (x_G , Vertrauensgrenze (95 %))

Element	Fraktion < 2mm (n= 20)		HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Median	$x_{\min} - x_{\max}$	x_G	V
Sb	0,23	0,12-0,37	0,4	0,3-0,6
As	6,2	3,7-8,1	6,5	5,7-7,4
Pb	17	12-22	34	31-37
Cd	0,096	0,06-0,14	< 0,3	-
Cr	46	32-71	67	59-75
Ni	25	22-28	28	25-31
Co	11	7,1-16	9	8-10
Cu	14	11-20	15	14-16
Hg	0,020	< 0,01-0,042	0,022	0,016-0,028
Tl	0,34	< 0,3-0,46	-	-
Zn	49	33-66	53	46-61

Die Schwermetallgehalte Thüringer Lössen unterliegen einer geringen Schwankungsbreite. Ein Unterschied in der Schwermetallführung der drei betrachteten Lößgruppen konnte anhand des vorliegenden Datenmaterials nicht festgestellt werden (vgl. auch BAUER & BOR 1995, UTERMANN u. a. 2003).

In Tabelle 10 sind Median und 90er Perzentilwert der Schwermetallgehalte für Thüringer Lössen im Vergleich zu den verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden dargestellt. Die Konzentrationen der Elemente Sb, As, Pb, Cd, Ni, Cu, Hg, Tl und Zn sind niedrig. Auch bei Cr ist im Zusammenhang mit der geringeren Ausbeute des in der Regel angewendeten Königswasseraufschlusses eine geogen bedingte Überschreitung allgemein akzeptierter Richtwerte für unbelastete Böden nicht zu erwarten.

Tabelle 10: Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Lößsubstraten (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden

		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
		mg/kg TS										
Löß	Median	0,23	6,2	17	0,096	46	25	11	14	0,020	0,34	49
	90er Perz.	0,35	7,2	18	0,11	63	26	13	18	0,03	0,43	62
BMNUR ⁽¹⁾		-	-	70	1	60	50	8,0⁽³⁾	40	0,5	-	150
LAGA ⁽²⁾		-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Lehm

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z_0 für natürliche Böden

(3) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.1.2 Oberböden

In Tabelle 11 ist der Elementgehalt der untersuchten Oberböden aus Thüringer Lößsubstraten im Vergleich zu den in der BBodSchV (BMNUR 1999) verankerten Vorsorgewerten und weiteren Richtwerten für Metalle in Böden und den durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz LABO (1998) veröffentlichten länderübergreifenden Hintergrundwerten für Oberböden dargestellt. Einzelwerte und weitere statistische Parameter sind in Anlage 1 enthalten.

Die Werte demonstrieren, dass die Thüringer Oberböden aus Lößsubstraten nur wenig mit Schwermetallen belastet sind. Die Befunde stimmen mit Ausnahme des Cr und Ni gut mit den von der LABO 1998 veröffentlichten länderübergreifenden Hintergrundwerten überein.

Bei den Elementen As, Pb, Cd, Ni, Cu, Hg und Zn erreichen auch die 90er-Perzentilwerte die entsprechenden Vorsorge- bzw. Richtwerte für unbelastete Böden nicht. Sie werden lediglich zu 30 - 75% ausgeschöpft.

Die leicht erhöhten Cr- Gehalte der Thüringer Lößsubstrate spiegeln sich in den Oberbodenhorizonten wider. Geogen bedingte Überschreitungen der Richtwerte für unbelastete Böden sind nicht völlig auszuschließen (vgl. Tabelle 11), im Zusammenhang mit der geringeren Extraktionsausbeute des in der Regel angewendeten Königswasseraufschlusses jedoch sicher relativ selten.

Für Tl muss betont werden, dass die Richtwerte für unbelastete Böden noch recht unsicher sind. Die ermittelten Gehalte stimmen gut mit den in Bayern für Löß erhobenen Befunde überein (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11: Elementgehalte (mg/kg TS) Thüringer Acker- und Grünlandböden (Ap - , Ah - Horizonte, < 2mm, n = 89, ausreißerbereinigt) aus Lößsubstraten

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Median	0,44	7,7	26	0,19	42	20	11	17	0,075	0,37	54
90er Perz.	1,0	10	34	0,26	60	29	14	22	0,12	0,52	85
Disp.	0,15	1,2	3,0	0,05	8,0	5,0	2,4	3,0	0,016	0,09	12
X _{min}	0,034	2,7	15	0,044	16	6,8	1,5	6,4	< 0,01	< 0,3	29
X _{max}	1,1	13	41	0,37	75	41	21	29	0,15	0,64	114
BMNUR ⁽¹⁾	-	-	70	1,0	60	50	8,0⁽⁴⁾	40	0,5	-	150
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120
EIKM./KLOKE ⁽³⁾	-	20	100	1,0	50	40	-	50	0,5	0,5	150
LABO ⁽⁵⁾											
Median	0,7	8	43	< 0,3	120	28	8	18	0,12	0,54 ⁽⁶⁾	73
90er Perz.	1,2	10	59	(0,7)	160	44	15	27	0,18	0,64 ⁽⁶⁾	94

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Lehm

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(3) EIKMANN/ KLOKE (1991): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden, Bodenwert I - multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit

(4) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

(5) LABO (1998): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. Länderübergreifende Hintergrundwerte für Ackerböden aus Löß, n=32.

(6) Hintergrundwerte Bayern, Acker Oberboden, n=95 (aus LABO 1998)

Ein Vergleich der Schwermetallgehalte der Oberböden mit denen des bodenbildenden Substrates zeigt, dass Sb, Cd, Pb und Hg angereichert sind. Tabelle 12 enthält für die 8 beprobten Schürfe auf Lößstandorten die jeweiligen An-/ (Ab-)reicherungsfaktoren für den Oberboden. Die Gehalte der anthropogen weit verbreiteten Elemente Cd und Pb sind nahezu doppelt so hoch wie im Ausgangsmaterial der Bodenbildung, der Hg-Gehalt beträgt das Vierfache der Substrate und bemerkenswert ist auch der Anreicherungsfaktor für Sb von 1,5. Die Elemente As, Cu, Tl und Zn sind in ihren Gehalten nur wenig verändert, für Cr, Ni und Co ergibt sich gar eine geringfügige Abreicherung. Trotz der relativ starken Anreicherung von Hg und abgeschwächt Pb und Cd in den Oberböden werden die Vorsorgewerte der BBodSchV durch die Gehalte Thüringer Oberböden auf Löß in vergleichsweise geringem Umfang ausgeschöpft (vgl. Tabelle 64 und Tabelle 65 in Kapitel 4.2), was darauf hinweist, dass der anthropogenen ubiquitären Komponente bei der Festlegung von Vorsorgewerten (vgl. Kapitel 4.2) ein besonderes Gewicht gegeben wurde.

Tabelle 12: Anreicherungsfaktoren sowie arithmetisches Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Lößstandorten (n=8)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Arithm Mittel Oberboden	0,40	6,7	27	0,18	43	21	11	15	0,072	0,38	60
Arithm Mittel Substrat	0,27	6,1	17	0,10	50	25	12	16	0,018	0,36	52
Anreicherungsfaktor	1,5	1,1	1,6	1,8	0,9	0,9	0,9	1,0	4,0	1,1	1,2
BMNUR ⁽¹⁾ Ton	-	-	100	1,5	100	70	8,0²⁾	60	1,0	-	200
Lehm	-	-	70	1,0	60	50	8,0⁴⁾	40	0,5	-	150
Sand	-	-	40	0,4	30	15	-	20	0,1	-	60

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden

(2) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.2 Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten der Keuperstandorte

Ein flächenmäßig bedeutungsvolles Auftreten von Keupersedimenten ist im zentralen Teil des Thüringer Beckens, im nördlichen Vorland des Thüringer Waldes zwischen Ohrdruf und Mihla und südlich des Thüringer Waldes zwischen Rentwertshausen und Hildburghausen zu verzeichnen.

Keupersedimente sind durch eine große Gesteinsvielfalt gekennzeichnet. Die vorliegende Arbeit erfasst Tonsteine, Tone, Tonmergel, Mergel, Kalksteine, Gipse und Sandsteine verschiedenster Schichtfolgen. Durch die Profilaufschlüsse und ergänzende Untersuchungen wurden Keupersedimente über 5 Schürfe erschlossen und insgesamt 57 Oberbodenproben entnommen :

	Schürfe (n)	Oberböden (n)
⇒ Tonsteine, Tone, Tonmergel (einschl. Kolluvien und Schutt)	18	36
⇒ Mergel	3	7
⇒ Kalksteine / Dolomite	5	10
⇒ Sandsteine	5	3
⇒ Gips	4	1

3.1.2.1 Substrate

In Tabelle 13 sind die für **Tonsteine, Tone und Tonmergel des Keuper** ermittelten Elementgehalte den von HINDEL & FLEIGE (1991) mitgeteilten gegenübergestellt. Detaillierte Angaben zum verarbeiteten Datenmaterial und weitere statistische Kennzahlen sind in Anlage 1 enthalten.

Tabelle 13: Elementgehalt (mg/kg TS) von Tonsteinen, Tönen und Tonmergeln des Keuper (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n=26)		Fraktion > 2mm (n=22)		HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	x_G	V
Sb	0,40	0,1-0,68	0,32	<0,045-0,67	0,7	0,6-0,9
As	5,4	2,1-16	2,5	0,25-6,8	8,9	7,4-10,8
Pb	11	5-26	8,6	4,8-14	39	34-46
Cd	0,037	<0,015-0,15	0,045	<0,015-0,078	< 0,3	-
Cr	72	33-104	60	17-107	103	97-110
Ni	41	17-79	36	15-70	60	55-65
Co	14	5-23	10	5,1-17	18	16-20
Cu	17	2,3-44	12	3,2-22	22	19-26
Hg	0,019	< 0,01-0,055	< 0,01	< 0,01	0,044	0,032-0,059
Tl	0,47	< 0,3-1,0	0,40	< 0,3-0,84	-	-
Zn	68	20-159	48	12-74	98	88-108

Der Vergleich zeigt, dass bei allen Elementen in den Thüringer Tonsteinen, Tönen und Tonmergeln des Keuper niedrigere Konzentrationen als von HINDEL & FLEIGE (1991) mitgeteilt vorkommen. Das ist vor allem damit zu erklären, dass HINDEL & FLEIGE (1991) schwerpunktmäßig wesentlich ältere (devonische) Tonsteine in ihre Untersuchungen einbezogen haben.

In Tabelle 14 sind die für **Mergel des Keuper** ermittelten Elementkonzentrationen den von HINDEL & FLEIGE (1991) in Mergelsteinen gefundenen Gehalten gegenübergestellt.

In der Regel sind die Thüringer Mergelkalke und Mergel des Keuper etwas schwermetallärmer als die von HINDEL & FLEIGE (1991) untersuchten Mergelsteine unterschiedlicher stratigraphischer Niveaus. Das betrifft die Elemente Pb, Cr, Ni, Co, Hg, und Zn.

Die analysierten Feinbodenproben < 2 mm weisen geringfügig höhere Schwermetallgehalte auf als die Grobbodenfraktion > 2 mm. Dieser Befund ist wahrscheinlich auf verwitterungsbedingte Tonanreicherung zurückzuführen.

Tabelle 14: Elementgehalt (mg/kg TS) von Mergeln des Keuper (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n=6)		Fraktion > 2mm (n=5)		HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	x_G	V
Sb	0,42	0,24-0,56	0,50	0,35-0,98	< 0,3	-
As	5,6	1,2-7,7	6,6	5,7-8,2	6,7	6,5-10
Pb	15	7,2-23	13	12-29	50	43-59
Cd	0,038	<0,015-0,09	0,072	0,03-0,10	< 0,3	-
Cr	44	14-59	29	15-41	55	44-69
Ni	30	22-37	25	10-32	49	37-65
Co	8,4	4,4-15	7,2	4,8-9,6	17	12-24
Cu	20	16-26	16	10-26	23	16-33
Hg	0,014	< 0,01-0,015	0,012	< 0,01-0,015	0,032	0,018-0,055
Tl	< 0,3	< 0,3-0,33	0,42	< 0,3-0,68	-	-
Zn	36	18-65	30	17-43	71	58-87

In Tabelle 15 sind die Elementkonzentrationen der **Gipse des Keuper, Buntsandstein und Zechstein** aufgeführt.

Tabelle 15: Elementgehalt (mg/kg TS) von Gipsen des Keuper, Oberen Buntsandstein und Zechstein (Median, x_{\min} , x_{\max})

Element	Gipse des k				Gipse des so				Gipse des z	
	Fraktion < 2 mm (n=4)		Fraktion > 2 mm (n=6)		Fraktion < 2 mm (n=3)		Fraktion > 2 mm (n=4)		Fraktion > 2 mm (n=3)	
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}
Sb	0,28	0,21-0,33	0,18	0,034-0,33	0,6	0,59-0,61	0,38	0,31-0,58	0,034	0,034
As	6,2	3,7-7,4	3,6	0,9-8,9	16	14-17	4,35	3,2-5,1	0,03	0,03
Pb	2,5	< 2-4,5	2,7	< 2-5,2	44	43-46	< 2	< 2	2,8	< 2-4,6
Cd	0,099	0,015-0,13	0,12	0,015-0,37	0,25	0,25	0,026	<0,015-0,045	0,021	<0,015-0,024
Cr	6,0	3,8-8,0	9,2	< 2-16	58	52-60	7,0	5,5-9,3	< 2	< 2
Ni	7,7	5,0-11	10	2,1-16	33	33	7,9	6,5-9,6	< 2	< 2
Co	4,0	< 2-8,9	3,6	< 2-5,3	15	15	2,2	2,2-2,4	< 2	< 2
Cu	6,8	< 2-10	8,3	< 2-12	24	22-31	4,9	3,0-5,9	< 2	< 2
Hg	0,032	< 0,01-0,067	0,013	< 0,01-0,059	0,035	0,035	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tl	0,57	0,31-0,80	< 0,3	< 0,3	2,0	0,91-2,3	0,34	< 0,3-0,45	< 0,3	< 0,3
Zn	33	32-33	36	24-39	80	70-84	15	15-16	3,0	< 2-8,8

Obwohl es sich nur um wenige Proben handelt, kann festgestellt werden, dass Gipse und Gipsersatz offensichtlich nur geringe Schwermetallkonzentrationen aufweisen. Auch ZAUNER (1996) fand in Gipsen des Keuper der südwestdeutschen Schichtstufenlandschaft derart geringe Elementgehalte.

Eine geringfügige Anreicherung von Schwermetallen in der Feinbodenfraktion ist nur für die Elemente As, Hg und Tl zu verzeichnen. Möglicherweise handelt es sich beim untersuchten Feinboden nur um Abrieb, die niedrigen Tongehalte lassen nicht auf eine Tonanreicherung schließen.

In Tabelle 16 sind die für **Kalksteine, dolomitische Kalksteine und Dolomite des Keuper** ermittelten Elementkonzentrationen den von HINDEL & FLEIGE (1991) gefundenen Konzentrationen gegenübergestellt.

Die Elementkonzentrationen der Kalksteine, dolomitischen Kalksteine und Dolomite stimmen bei vielen Elementen mit den von HINDEL & FLEIGE (1991) für ausschließlich Kalksteine unterschiedlicher stratigraphischer Niveaus gefundenen Werte überein. Lediglich bei Pb weisen die Thüringer Kalksteine niedrigere Konzentrationen auf. Auch ADRIANO (1986) gibt im Kalkstein nur eine mittlere Pb-Konzentration von 9 mg/kg TS an.

In der Feinbodenfraktion < 2 mm liegen die Schwermetallgehalte zumeist höher als in der Grobbodenfraktion > 2 mm. Das betrifft vor allem die Elemente Cr, Ni, Co und Zn. Auffallend ist die große Schwankungsbreite ebendieser Elemente in der Feinbodenfraktion. Ursache dafür dürfte das unterschiedliche Ausmaß der Entkalkung dieser Fraktion infolge Lösungsverwitterung und damit verbunden unterschiedlichem Substanzverlust und unterschiedlicher Tonanreicherung sein.

Tabelle 16: Elementgehalt (mg/kg TS) von Kalksteinen und Dolomiten des Keuper (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n=9)		Fraktion > 2mm (n=13)		HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	x_G	V
Sb	0,40	0,23-0,59	0,35	0,20-0,66	< 0,3	-
As	6,5	0,9-13	4,6	< 0,045-10	3,6	2,5-5,3
Pb	9,7	4,6-19	5,0	< 2-11	38	32-45
Cd	0,048	0,018-0,15	0,074	< 0,015-0,21	< 0,3	-
Cr	30	< 2-46	6,7	< 2-15	5	2-9
Ni	33	2,2-81	11	3,5-24	16	12-22
Co	8,6	< 2-19	2,9	< 2-5,2	5	3-7
Cu	11	7,9-18	9,2	< 2-15	9	7-12
Hg	0,014	< 0,01-0,035	< 0,01	< 0,01	0,018	0,012-0,027
Tl	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	-	-
Zn	44	7,8-108	14	5,4-23	35	26-46

Keupersandsteine wurden entsprechend ihres regionalen Vorkommens nur in geringem Umfang untersucht. In Tabelle 17 sind die Elementgehalte wiederum den von HINDEL & FLEIGE (1991) für Sandsteine erhobenen Gehalten gegenübergestellt. Weitere Angaben zum Datenmaterial und umfangreichere statistische Parameter (für die Grobbodenfraktion) sind in Anlage 1 enthalten.

Die Sandsteine des Keuper in Thüringen weisen höhere Cr-, Ni-, Co- und Cu- sowie niedrigere Pb- und Sb- Konzentrationen auf als die von HINDEL & FLEIGE (1991) untersuchten Sandsteine, die allerdings Sandsteinvorkommen unterschiedlichster geologischer Formationen Deutschlands zusammenfassen und somit faziell bedingte Unterschiede der Sandsteinvorkommen verschiedener stratigraphischer Niveaus nicht reflektieren. Auffallend ist die große Schwankung im Cu-Gehalt der untersuchten Proben. Die Elementgehalte der beiden Feinbodenproben (Tabelle 17) spiegeln die der zugehörigen Steinfraktion wider.

Tabelle 17: Elementgehalt (mg/kg TS) von Sandsteinen des Keuper (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n=2)	Fraktion > 2mm (n=7)		HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Median	Median	x_{\min} - x_{\max}	x_G	V
Sb	0,26 / 0,14	0,16	0,034-0,26	0,6	0,4-0,8
As	6,4 / 1,8	4,4	1,5-9,8	4,7	3,6-6,3
Pb	9,3 / 7,1	10	6,3-18	20	16-25
Cd	< 0,015 / < 0,015	0,015	< 0,015-0,027	< 0,3	-
Cr	69 / 27	51	43-53	17	9-30
Ni	53 / 20	34	20-68	14	10-18
Co	11 / 7,7	10	8,1-17	5	4-7,5
Cu	133 / 2,6	62	5,8-130	8	5,7-10,8
Hg	0,029 / 0,012	< 0,01	< 0,01	0,021	0,015-0,030
Tl	< 0,3 / < 0,3	< 0,3	< 0,3	-	-
Zn	45 / 21	40	26-92	30	22-39

Wie Tabelle 18 zusammenfassend zeigt, haben Keupersedimente durchweg niedrige As-, Pb-, Cd-, Hg- und Tl- Gehalte. Bei den Elementen Cr und Ni ist eine Überschreitung von aktuellen Richtwerten für Schwermetallgehalte in Oberböden auf Grund des Gehaltes im Substrat nicht auszuschließen. Die Zn- Konzentration nähert sich ebenfalls diesen Richtwerten. Gipse weisen demgegenüber niedrige Elementgehalte auf.

Hohe Cu-Gehalte, die Richtwertüberschreitungen in Oberböden nach sich ziehen können, wurden in Keupersandsteinen beobachtet.

Tabelle 18: Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Keupersubstraten (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden

		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
		mg/kg TS										
Tonsteine, Tone, Tonmergel (n=26)	Median	0,40	5,4	11	0,037	72	41	14	17	0,019	0,47	68
	90er Perz.	0,60	11	22	0,12	94	57	21	32	0,045	0,88	112
Kalksteine, Dolomite (n=9)	Median	0,40	6,5	9,7	0,048	30	33	8,6	11	0,014	< 0,3	44
	90er Perz.	0,57	12	15	0,14	44	63	17	17	0,033	< 0,3	101
Mergel (n=6)	Median	0,42	5,6	15	0,038	44	30	8,4	20	0,014	< 0,3	36
	90er Perz.	0,55	7,0	20	0,089	58	36	14	24	0,015	0,32	58
Gipse (n=4)	Median	0,28	6,2	2,5	0,099	6,0	7,7	4,0	6,8	0,032	0,57	33
	90er Perz.	0,32	7,2	4,2	0,12	7,6	10	7,6	9,0	0,062	0,79	33
(Sandsteine) (> 2 mm, n=7)	Median	(0,16)	(4,4)	(10)	(0,015)	(51)	(34)	(10)	(62)	(< 0,01)	(< 0,3)	(40)
	90er Perz.	(0,23)	(8,7)	(16)	(0,026)	(53)	(65)+	(16)	(124)	(< 0,01)	(< 0,3)	(76)
BMNUR ⁽¹⁾		-	-	100	1,5	100	70	8,0 ³⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾		-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(3) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.2.2 Oberböden

Der Spurenelementgehalt von Oberböden aus Keupersubstraten (Tabelle 19 und Tabelle 20) ist wie folgt zu charakterisieren:

- Die Konzentration an As, Pb, Cd und Hg ist niedrig. Allgemein akzeptierte Richtwerte für unbelastete Böden werden auch durch Maximalwerte nicht erreicht und im Mittel nur zu < 50% ausgeschöpft.
- Für Sb liegen keine Richtwerte vor. Die gefundenen Gehalte entsprechen den durch die LABO (1998) veröffentlichten Hintergrundwerten.
- Die Zn-Konzentration der Tonsteine, Tone, Tonmergel, Kalksteine und Dolomite unterschreitet allgemein akzeptierte Richtwerte nur knapp. Etwas niedriger als die in Tabelle 42 zitierten Richtwerte sind die Zn- Gehalte der Mergel und Sandsteine. Hier ist die Datenbasis jedoch relativ gering, ein Unterschied zu den erstgenannten Gruppen kann statistisch nicht gesichert werden.
- Die TI- Konzentration ist niedriger, als die durch die LAGA (1997) und EIKMANN und KLOKE (1991) veröffentlichten Richtwerte und erreicht auch die für Böden Bayerns ausgewiesenen Konzentrationen nicht.
- Der Co- Gehalt ist doppelt so hoch wie die durch BOWEN (1979) mitgeteilte Hintergrundkonzentration, liegt aber im Bereich der von HAMILTON (1994) für Sedimentgesteine als normal eingestuften Spannweite von 6 bis 22 mg Co / kg. Er stimmt gut mit den für Böden Bayerns aus vergleichbaren Substraten ausgewiesenen Befunden überein.
- Bei den Elementen Cr und Ni muss in allen Gruppen (außer Gipsen) mit Überschreitungen von allgemein akzeptierten Richtwerten gerechnet werden. Die Vorsorgewerte der BBodSchV für die Bodenart Ton werden durch Maximalwerte jedoch unterschritten.
- Der teilweise hohe Cu-Gehalt der Keupersandsteine spiegelt sich nicht in erhöhten Gehalten der entsprechenden Oberböden wider. Allerdings ist die Datenbasis gering.

Zwischen den Oberböden der einzelnen Substratgruppen konnte statistisch für keines der Elemente ein signifikanter Unterschied in den Mittelwerten nachgewiesen werden (Varianzanalyse, Scheffé-Test, vgl. auch Kap. 2.5).

Deshalb werden alle weiteren Betrachtungen anhand der zusammengeführten Substratgruppen des Keuper getroffen (vgl. Tabelle 21). Ausgenommen hiervon ist der Gips, welcher auf Grund der relativ geringen Schwermetallaustattung gesondert mit den Gipsen anderer stratigraphischer Einheiten betrachtet wird (vgl. Tabelle 19).

Die Tabellen 17 und 18 enthalten die statistischen Kenngrößen aller Oberböden aus Keupersubstraten, in Tabelle 21 sind statistische Parameter für die zusammengefasste Gruppe (ohne Gipse) aufgeführt.

Tabelle 19: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Keupersubstraten (Tonsteine, Tone, Tonmergel, - Kalksteine, Dolomite, - Gipse des k, so, z) (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2mm, ausreißerbereinigt)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Tonsteine, Tone, Tonmergel (n=36)											
Median	0,47	7,2	26	0,19	57	36	12	24	0,065	0,39	67
90er Perz.	0,60	8,5	42	0,25	71	48	16	39	0,093	0,59	102
x _{min}	0,29	3,8	6,7	0,036	28	12	7,6	6,3	< 0,01	< 0,3	34
x _{max}	0,72	11	48	0,35	82	58	18	43	0,11	0,82	115
Kalksteine und Dolomite (n=10)											
Median	0,48	9,2	28	0,089	64	51	12	20	0,062	< 0,3	89
90er Perz.	0,53	9,6	33	0,16	78	53	14	30	0,074	< 0,3	105
x _{min}	0,29	7,8	15	0,024	54	40	5,5	13	0,044	< 0,3	39
x _{max}	0,57	9,6	34	0,24	80	55	16	30	0,082	< 0,3	108
Gipse des k, so, z (n=5)											
Median	0,60	14	24	0,35	38	27	9,7	19	0,064	0,98	80
90er Perz.	0,64	15	35	0,39	58	30	14	23	0,078	1,04	113
x _{min}	0,59	13	11	0,21	23	23	2,5	13	<0,01	0,97	61
x _{max}	0,65	15	38	0,41	65	32	16	23	0,08	1,0	120
BMNUR ⁽¹⁾	-	-	100	1,5	100	70	8,0⁽⁴⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120
EIKM./KLOKE ⁽³⁾	-	20	100	1,0	50	40	-	50	0,5	0,5	150
LABO ⁽⁵⁾											
Tonsteine, Acker (n=79)											
Median	0,3	8,0	47	0,5	112*	43	15 ⁽⁶⁾	21	0,07	0,73 ⁽⁶⁾	92
90er Perz.	0,6	10	61	1,1	133*	74	20 ⁽⁶⁾	27	0,14	1,2 ⁽⁶⁾	121
Kalkstein / Dolomit, nur Bayerische Alpen, Wald (n=65)											
Median	-	-	88	1,3	55	27	14 ⁽⁶⁾	15	-	0,75 ⁽⁶⁾	120
90er Perz.	-	-	185	3,4	92	44	17 ⁽⁶⁾	21	-	1,1 ⁽⁶⁾	250

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(3) EIKMANN/ KLOKE (1991): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden, Bodenwert I - multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit

(4) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

(5) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz LABO (1995): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. * Grünland, n=32

(6) Hintergrundwerte Bayern, Acker Oberboden (aus LABO 1998)

Co: n=23 (Tonstein) bzw. 24 (Kalkstein)

Tl: n=21 (Tonstein) bzw. 24 (Kalkstein)

Tabelle 20: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Keupersubstraten (Mergel, Sandsteine) (ohne Nutzungsbezug, < 2 mm, ausreißerbereinigt)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Mergel (n=7)											
Median	0,40	7,0	25	0,090	58	38	9,7	26	0,052	0,44	63
90er Perz.	0,51	8,0	32	0,13	59	42	14	26	0,064	0,50	75
x _{min}	0,36	6,8	12	0,045	57	31	6,1	25	0,015	< 0,3	35
x _{max}	0,56	8,3	33	0,14	59	46	15	26	0,074	0,54	82
Sandsteine (n=3)											
Median	0,68	8,4	15	0,087	72	45	14	26	0,078	< 0,3	49
90er Perz.	0,78	9,4	16	0,15	74	51	16	32	0,080	< 0,3	55
x _{min}	0,28	3,9	14	0,033	71	19	9	9,9	0,074	< 0,3	33
x _{max}	0,80	9,7	16	0,17	74	53	16	34	0,081	< 0,3	57
BMNUR ⁽¹⁾	-	-	100	1,5	100	70	8,0⁽⁴⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120
EIKM./KLOKE ⁽³⁾	-	20	100	1,0	50	40	-	50	0,5	0,5	150
LABO ⁽⁵⁾ Sandsteine Acker (n=112)											
Median	0,3	5,0	45	0,3	39**	16	4,4 ⁽⁶⁾	12	0,07	0,67 ⁽⁶⁾	41
90er Perz.	0,6	7,0	75	0,9	91**	30	6,7 ⁽⁶⁾	15	0,11	1,1 ⁽⁶⁾	63
Mergelstein / ohne Nutzungsbezug (n=36) Wald											
Median	0,4	12	59	0,5	-	46	-	28	0,11	-	97
90er Perz.	1,1	14	114	1,1	-	97	-	45	0,19	-	157

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(3) EIKMANN/ KLOKE (1991): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden, Bodenwert I - multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit

(4) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

(5) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1995): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden. Länderübergreifende Hintergrundwerte für Ackerböden aus Löß ** Wald, n=59

(6) Hintergrundwerte Bayern, Acker Oberboden (aus LABO 1998) Co: n=27, Tl: n=28

Tabelle 21: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Keupersubstraten (n=56, zusammengefaßt (ohne Gips), ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Median	0,47	7,5	26	0,17	58	39	12	24	0,060	0,36	68
90er Perz.	0,61	9,6	42	0,30	76	53	16	34	0,089	0,50	104
x _{min}	0,15	3,8	6,7	0,024	28	12	5,5	6,3	< 0,01	< 0,3	33
x _{max}	0,77	11	50	0,40	82	66	19	43	0,11	0,82	134
BMNUR ⁽¹⁾	-	-	100	1,5	100	70	8,0⁽³⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(3) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

Ein Vergleich der Schwermetallgehalte der Oberböden mit denen des bodenbildenden Substrates zeigt, dass Cd, Pb und Hg im Oberboden deutlich angereichert sind. Tabelle 22 enthält für die 21 auf Keuperstandorten beprobten Schürfe die jeweiligen Anreicherungsfaktoren für den Oberboden. Die Gehalte der anthropogen weit verbreiteten Elemente Cd, Pb und Hg sind mehr als doppelt bis vierfach (Hg) so hoch wie im Ausgangsmaterial der Bodenbildung. Leicht angereichert sind auch die Elemente Sb, Cu und Zn mit Anreicherungsfaktoren von 1,3 ... 1,4.

Auffällig ist eine generell stärkere Anreicherung aller Elemente (Ausnahme Hg) als auf den Lößstandorten, was auf die Lösungsverwitterung der oftmals kalkhaltigen Standorte, dem damit verbunden Substanzverlust und der Tonanreicherung zurückzuführen ist. Die anzuwendenden Vorsorgewerte (Bodenart Ton) werden durch die stark angereicherten Elemente Cd, Pb und Hg in noch geringerem Umfang ausgeschöpft, als auf den Lößstandorten (Bodenart Lehm, vgl. Tabelle 64 und Tabelle 65 im Kapitel 4.2).

Tabelle 22: Anreicherungsfaktoren sowie arithmetisches Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Keuperstandorten (n=21)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Arithm Mittel Oberboden	0,47	7,2	28	0,17	61	39	13	22	0,058	0,35	81
Arithm Mittel Substrat	0,35	6,3	12	0,05	53	36	11	17	0,016	0,32	56
Anreicherungs-faktor	1,3	1,1	2,3	3,4	1,2	1,1	1,2	1,3	3,7	1,1	1,4
BMNUR ⁽¹⁾ Ton	-	-	100	1,5	100	70	8,0²⁾	60	1,0	-	200
Lehm	-	-	70	1,0	60	50	8,0⁴⁾	40	0,5	-	150
Sand	-	-	40	0,4	30	15	-	20	0,1	-	60

(3) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden

(4) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.3 Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten der Muschelkalkstandorte

Muschelkalklandschaften umrahmen fast vollständig das Innere des Thüringer Beckens. Die Böden sind vorwiegend aus Kalksteinen und Dolomiten, Tonsteinen und Gipsen gebildet. Folgende Substratgruppen werden zur Charakterisierung des Schwermetallgehaltes dieser stratigraphischen Einheit unterschieden (vgl. FIEDLER & HOFMANN 1991):

- Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo (einschl. Kolluvien und Schutt)
- Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des mm
- Kalksteine des mu

Die Gipse werden auf Grund ihrer Besonderheiten in der Elementausstattung unter Kap. 3.1.2 - Keuperstandorte diskutiert.

Insgesamt wurden im Muschelkalk 43 Profile aufgeschlossen und 60 Oberbodenproben gewonnen. Sie verteilen sich wie folgt auf diese drei Substratgruppen:

	Schürfe (n)	Oberböden (n)
⇒ Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo (einschl. Kolluvien und Schutt)	16	27
⇒ Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des mm	19+2 (RM)	17
⇒ Kalksteine des mu	8	16

3.1.3.1 Substrate

In Tabelle 23 sind die für **Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des oberen Muschelkalk** ermittelten Elementgehalte den von HINDEL & FLEIGE (1991) mitgeteilten und den im Rahmen des Projektes in petrographisch vergleichbaren Keupersubstraten gefundenen Gehalten gegenübergestellt. Detaillierte Angaben zum Zahlenmaterial sind in der Anlage 1 enthalten.

Die Sb-, As-, Pb-, Cd- und Hg- Gehalte der tonigen Substrate des oberen Muschelkalk sind niedrig und entsprechen mit Ausnahme des Pb den von HINDEL & FLEIGE (1991) gefundenen Gehalten. Der Pb- Gehalt ist mit dem der Kalksteine des Keuper vergleichbar.

Die Feinbodenfraktion der tonigen Substrate weist hohe Cr- und Ni- Gehalte auf und erreicht die von HINDEL & FLEIGE (1991) für Tonsteine verschiedener stratigraphischer Niveaus mitgeteilten Konzentrationen. Ebenfalls erhöht ist der Zn- Gehalt der Feinbodenfraktion.

Auffallend ist die hohe Schwankungsbreite im Elementgehalt von Cr, Ni, Cu und Zn. Die Ursache hierfür ist sicher im hohen Anteil toniger Fließerden in dieser Gruppe zu suchen. Toni-

ge Fließerden haben eine inhomogene Zusammensetzung, weil zu wechselnden Anteilen altes (fossiles) Verwitterungsmaterial im Solifluktionsschutt enthalten ist.

Die Cr-, Ni- und Cu- Konzentration der Feinbodenfraktion übersteigt deutlich die der tonigen Keupersubstrate.

Tabelle 23: Elementgehalt (mg/kg TS) von Tonsteinen, Tonen, Tonmergeln und tonigen Schuttdecken des oberen Muschelkalk (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu Keupersubstraten und den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n=25)		Fraktion > 2mm (n=16)		Keuper ¹⁾ (< 2mm, n=26)	Keuper ¹⁾ (> 2mm, n=22)	HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	Median	x_G	V
Sb	0,21	< 0,045-0,45	0,12	0,056-0,29	0,40	0,32	0,7	0,6-0,9
As	4,5	1,7-7,4	2,0	0,19-5,5	5,4	2,5	8,9	7,4-10,8
Pb	14	5,7-25	9,0	< 2-16	11	8,6	39	34-46
Cd	0,017	< 0,015-0,078	0,018	< 0,015-0,087	0,037	0,045	< 0,3	-
Cr	94	15-157	40	6,6-172	72	60	103	97-110
Ni	71	17-119	40	6,4-103	41	36	60	55-65
Co	15	4,9-25	8,2	< 2-31	14	10	18	16-20
Cu	36	13-50	19	3,2-58	17	12	22	19-26
Hg	0,026	< 0,01-0,038	< 0,01	< 0,01-0,015	0,019	< 0,01	0,044	0,032-0,059
Tl	0,47	< 0,3-0,98	< 0,3	< 0,3	0,47	0,40	-	-
Zn	74	24-129	28	3,9-101	68	48	98	88-108

1) Tonsteine, Tone und Tonmergel

In Tabelle 24 sind die für **Kalksteine, Mergelsteine und Dolomite verschiedener stratigraphischer Niveaus des Muschelkalk** ermittelten Elementgehalte den von HINDEL & FLEIGE (1991) gefundenen Konzentrationen gegenübergestellt.

Sie weisen ein niedriges Konzentrationsniveau auf und unterschreiten in der Grobbodenfraktion teilweise die von HINDEL & FLEIGE (1991) für die Fraktion > 2 mm veröffentlichten Werte. Im Feinboden sind alle Elemente geringfügig angereichert. Deutlich niedriger als bei HINDEL & FLEIGE (1991) ist wiederum (siehe auch Keuperkalksteine) der Pb- Gehalt der hier betrachteten Muschelkalksubstrate.

Die Cd-, Cr- und Ni-Gehalte der Kalksteine des Unteren Muschelkalk sind höher als die des Mittleren und Oberen Muschelkalk.

Tabelle 24: Elementgehalt (mg/kg TS) von Kalksteinen, Mergelsteinen und Dolomiten des Muschelkalk (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen

Element	Kalksteine, Mergelsteine und Dolomite des Oberen und Mittleren Muschelkalk				Kalksteine des Unteren Muschelkalk				HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Fraktion < 2mm (n=20)		Fraktion > 2mm (n=37)		Fraktion < 2mm (n=7)		Fraktion > 2mm (n=14)		x_G	V
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}		
Sb	0,23	0,063-0,49	0,11	<0,045-0,22	0,26	0,22-0,30	0,095	0,034-0,19	0,7	0,6-0,9
As	5,2	1,1-9,2	1,2	0,21-3,1	8,6	4,5-14	1,5	0,5-4,1	8,9	7,4-10,8
Pb	12	< 2-26	4,0	< 2-11	15	12-15	6,5	2,2-12	39	34-46
Cd	0,064	< 0,015-0,28	0,03	< 0,015-0,075	0,34	0,20-0,44	0,021	< 0,015-0,087	< 0,3	-
Cr	11	3,8-32	9,0	2,1-23	42	15-60	4,8	< 2-12	103	97-110
Ni	13	5-32	9,0	4,4-19	26	15-32	6,5	3,4-9,2	60	55-65
Co	5,8	< 2-13	2,4	< 2-6,1	7,9	5,3-17	< 2	1,5-3,9	18	16-20
Cu	8,2	3,2-13	6,3	< 2-16	18	10-26	4,6	2,0-9,4	22	19-26
Hg	0,014	< 0,01-0,058	< 0,01	< 0,01	0,024	< 0,01-0,024	< 0,01	< 0,01	0,044	0,032-0,059
Tl	0,46	< 0,3-0,8	< 0,3	< 0,3	0,47	< 0,3-0,72	< 0,3	< 0,3	-	-
Zn	28	10-94	12	3,8-26	40	31-67	8,6	< 2-24	98	88-108

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass alle Muschelkalksubstrate niedrige Sb-, As-, Pb- und Hg- Gehalte aufweisen, die allgemein akzeptierte Richtwerte für unbelastete Böden deutlich unterschreiten (vgl. auch Tabelle 25). Diese Aussage trifft für die Elemente Co, Cu und Zn auch auf die Kalksteine, Mergelsteine und Dolomite des Muschelkalk zu. Bei den Elementen Cr und Ni überschreiten Gehalte der tonigen Substrate und in abgeschwächter Form der kalkigen Substrate des mu derartige Richtwerte und können Ursache für Richtwertüberschreitungen in daraus gebildeten Oberböden sein. Als erhöht sind auch die Cd-Gehalte der Feinbodenfraktion der kalkigen Substrate insbesondere des mu einzustufen (vgl. auch WUNDERLICH 1997).

Tabelle 25: Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Muschelkalksubstraten (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden

		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
		mg/kg TS										
Tonsteine, Tone, Tonmergel, tonige Schuttdecken des mo (n=25)	Median.	0,21	4,5	14	0,017	94	71	15	36	0,026	0,47	74
	90er Perz.	0,38	6,6	22	0,040	151	107	20	47	0,032	0,61	100
Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des mo und mm (n=20)	Median.	0,23	5,2	12	0,064	11	13	5,8	8,2	0,014	0,46	28
	90er Perz.	0,41	7,7	20	0,23	22	19	9,7	12	0,048	0,67	62
Kalksteine des mu (n=7)	Median.	0,26	8,6	15	0,34	42	26	7,9	18	0,024	0,47	40
	90er Perz.	0,30	12	15	0,40	59	32	15	24	0,052	0,70	56
BMNUR ⁽¹⁾		-	-	100	1,5	100	70	8,0³⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾		-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z_0 für natürliche Böden

(3) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.3.2 Oberböden

In Tabelle 26 ist zusammenfassend der Elementgehalt von Oberböden aus Muschelkalksubstraten dargestellt. Er kann folgendermaßen charakterisiert werden:

- Die Konzentration an As und Pb ist niedrig. Allgemein akzeptierte Richtwerte bzw. die Vorsorgewerte der BBodSchV (BMNUR 1999) werden auch durch Maximalwerte nicht erreicht und im Mittel zu weniger als 50% ausgeschöpft.
- Für Sb existieren keine für einen Vergleich geeigneten Richtwerte. Die gefundenen Gehalte bewegen sich im Bereich der durch die LABO (1998) veröffentlichten Konzentrationen.
- Der Co- Gehalt liegt über den von BOWEN (1979) veröffentlichten Hintergrundgehalten, überschreitet aber nicht den von HAMILTON (1994) mitgeteilten Normalgehalt von 6 - 22 mg / kg für Sedimente. Er stimmt gut mit den für Böden Bayerns aus vergleichbaren Substraten ausgewiesenen Befunden überein.
- Die Zn- Konzentration aller Muschelkalkböden ist im Mittel nur wenig niedriger als allgemein akzeptierte Richtwerte und erreicht bzw. überschreitet sie durch einen Teil der Proben. Der Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Ton wird jedoch auch durch Maximalwerte nicht erreicht.
- Der Cr- und Ni- Gehalt der Oberböden aus tonigen Substraten überschreitet bereits im Mittel allgemein akzeptierte Richt-/Grenzwerte. Auch durch die Oberböden aus kalkigen Substraten werden sie erreicht und in einigen Fällen beim Cr überschritten.

Die Vorsorgewerte der BBodSchV für die Bodenart Ton werden nur durch Maximalwerte überschritten.

- Auch die Cd- Gehalte der betrachteten Oberböden des Mittleren und Unteren Muschelkalk sind, wie schon im Substrat beobachtet, vergleichsweise erhöht. Der Vorsorgewert aus der BBodSchV (BMNUR 1999) für die Bodenart Ton wird jedoch nur in Einzelfällen überschritten. Auch aus den Veröffentlichungen der LABO und für den Freistaat Bayern sind leicht erhöhte Cd – Konzentrationen in Oberböden aus kalkig-tonigen Materialien bekannt (Tabelle 26).

Die besonders auffälligen Unterschiede im Cr- und Ni- Gehalt der verschiedenen Substratgruppen konnten statistisch nicht gesichert werden. Auf Grund der geochemischen Unterschiede, die auch in der Praxis leicht eine Trennung dieser Substrattypen ermöglichen, werden jedoch weiterhin kalkige und tonige Substrate des Muschelkalk getrennt betrachtet.

Ein Vergleich der Schwermetallgehalte der Oberböden mit denen des bodenbildenden Substrates zeigt, dass Sb, As, Cd, Pb, Hg und Zn an allen Muschelkalkstandorten, Cr, Ni, Co, Cu und Tl hingegen nur in den Böden aus kalkigen Substraten angereichert sind. Tabelle 28 enthält für die 10 Schürfe der tonigen Standorte des oberen Muschelkalk und die 12 Schürfe auf kalkigen Standorten die jeweiligen An-/Ab-reicherungs-faktoren für den Oberboden. Auf den tonigen Standorten ist analog der Lößstandorte für die Elemente Cr und Ni sowie für Tl eine Abreicherung zu beobachten. Auf den kalkigen Standorten hingegen sind auch Cr, Ni, Co, Cu und Tl mit Anreicherungs-faktoren von 1,5 ... 1,7 zu beobachten. Große Unterschiede zwischen den Muschelkalksubstraten bestehen im Anreicherungs-faktor für Cd. Die tonigen Standorte des mo weisen bei sehr niedrigen Cd-Gehalten im Substrat eine starke Anreicherung auf (Anreicherungs-faktor 5,7), Böden auf kalkhaltigen Standorten hingegen haben schon substratbürtig hohe Cd-Gehalte, so dass es zu einer – auch im Vergleich zu Böden anderer stratigraphischer Einheiten – geringfügigen Anreicherung (Anreicherungs-faktor 1,3) kommt. Diese Böden schöpfen mit ihren Cd-Gehalten die Vorsorgewerte der BBodSchV (BMNUR 1999) mit 35 % (Median) bzw. 50 % (90er Perzentil) am stärksten aus (vgl. Tabelle 64 und Tabelle 65 im Kapitel 4.2).

Tabelle 26: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Muschelkalksubstraten (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo (n=27)											
Median	0,43	7,3	28	0,16	80	52	15	33	0,070	0,34	81
90er Perz.	0,64	8,2	45	0,38	108	70	17	41	0,11	0,58	112
X _{min}	0,05	4,4	10	0,036	30	26	13	22	< 0,01	< 0,3	52
X _{max}	0,78	9,5	51	0,47	134	79	19	50	0,15	0,66	139
Kalksteine, Mergelsteine und Dolomite des mm (n=17)											
Median	0,49	9,6	36	0,37	48	28	11	21	0,071	0,84	98
90er Perz.	0,68	13	51	0,47	60	37	14	28	0,089	1,1	121
X _{min}	0,16	4,9	21	0,057	14	15	4,0	13	0,038	0,3	61
X _{max}	0,87	14	64	0,54	68	41	16	30	0,099	1,2	141
Kalksteine des mu (n=16)											
Median	0,66	13	60	0,48	48	26	11	22	0,097	0,44	102
90er Perz.	1,1	16	75	1,1	60	33	14	26	0,17	0,80	155
X _{min}	0,35	6,0	37	0,027	30	15	4,5	10	0,021	0,30	63
X _{max}	1,4	22	89	1,6	77	38	16	27	0,18	0,91	160
BMNUR ⁽¹⁾	-	-	100	1,5	100	70	8,0⁽⁴⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120
EIKM./KLOKE ⁽³⁾	-	20	100	1,0	50	40	-	50	0,5	0,5	150
LABO ⁽⁵⁾ Tonsteine, Acker (n=79)											
Median	0,3	8,0	47	0,5	112*	43	15 ⁽⁶⁾	21	0,07	0,73 ⁽⁶⁾	92
90er Perz.	0,6	10	61	1,1	133*	74	20 ⁽⁶⁾	27	0,14	1,2 ⁽⁶⁾	121
Kalkstein / Dolomit, nur Bayerische Alpen, Wald (n=65)											
Median	-	-	88	1,3	55	27	14 ⁽⁶⁾	15	-	0,75 ⁽⁶⁾	120
90er Perz.	-	-	185	3,4	92	44	17 ⁽⁶⁾	21	-	1,1 ⁽⁶⁾	250

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(3) EIKMANN/ KLOKE (1991): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden, Bodenwert I - multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit

(4) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

(5) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1995): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden.

(6) Hintergrundwerte Bayern, Acker Oberboden (aus LABO 1998)

Co: n=23 (Tonstein) bzw. 24 (Kalkstein); Tl: n=21 (Tonstein) bzw. 24 (Kalkstein)

Tabelle 27: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Muschelkalksubstraten (zusammengefasst, ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo (n=27)											
Median	0,43	7,3	28	0,16	80	52	15	33	0,070	0,34	81
90er Perz.	0,64	8,2	45	0,38	108	70	17	41	0,11	0,58	112
X _{min}	0,05	4,4	10	0,036	30	26	13	22	< 0,01	< 0,3	52
X _{max}	0,78	9,5	51	0,47	134	79	19	50	0,15	0,66	139
Kalksteine, Mergelsteine und Dolomite (n=33)											
Median	0,56	10	48	0,38	48	27	11	21	0,071	0,69	99
90er Perz.	0,88	15	70	0,54	60	35	14	27	0,10	1,1	139
X _{min}	0,16	2,1	21	0,027	14	15	4,0	10	0,018	< 0,3	21
X _{max}	0,96	17	89	0,72	77	41	16	30	0,13	1,2	160
BMNUR ⁽¹⁾	-	-	100	1,5	100	70	8,0³⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(3) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

Tabelle 28: Anreicherungsfaktoren sowie arithmetisches Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Muschelkalkstandorten

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Tonsteine, Tone, Tonmergel u. tonige Schuttdecken des mo (n=10)											
Arithm Mittel Oberboden	0,40	6,7	34	0,13	84	61	16	33	0,055	0,41	103
Arithm Mittel Substrat	0,25	4,6	16	0,02	101	76	15	35	0,024	0,47	76
Anreicherungs-faktor	1,6	1,4	2,2	5,7	0,8	0,8	1,1	0,9	2,3	0,9	1,4
Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m (n=12)											
Arithm Mittel Oberboden	0,50	9,0	42	0,30	46	28	11	20	0,065	0,77	98
Arithm Mittel Substrat	0,26	6,3	13	0,22	26	20	7,0	13	0,034	0,51	53
Anreicherungs-faktor	1,9	1,4	3,2	1,3	1,7	1,4	1,6	1,5	1,9	1,5	1,9
BMNUR ⁽¹⁾ Ton	-	-	100	1,5	100	70	8,0²⁾	60	1,0	-	200
Lehm	-	-	70	1,0	60	50	8,0⁴⁾	40	0,5	-	150
Sand	-	-	40	0,4	30	15	-	20	0,1	-	60

(5) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden

(6) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.4 Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten der Buntsandsteinstandorte

Im Buntsandstein unterscheidet man zwischen den unterhalb des Muschelkalk ausstreichenden Schichten des Röt (Oberer Buntsandstein) und den Sedimenten des Mittleren und Unteren Buntsandstein. Böden aus Sandsteinen des Buntsandstein gehören zu den größten zusammenhängenden Bodenarealen in Nord-, Süd- und Ostthüringen.

Die wichtigsten Gesteinstypen sind die Sandsteine (sm, su), zurücktretend Tonsteine (so) und in Randgebieten des Thüringer Beckens auch Konglomerate. In der vorliegenden Arbeit wird zwischen Tonsteinen, Tonmergeln, Mergeln und tonigen Fließerden des Oberen Buntsandstein (Röt) und Sandsteinen einschließlich tonig-sandiger Wechselfolgen des Mittleren und Unteren Buntsandstein unterschieden. Diese zwei Gruppen sind wie folgt durch 16 Profilaufschlüsse und 82 Oberbodenproben belegt:

	Schürfe (n)	Oberböden (n)
⇒ Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Fließerden des Röt (oberer Buntsandstein)	7	27
⇒ Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein	9	55
	(+2 Reichsmusterstücke)	

Gipse des Oberen Buntsandstein werden auf Grund ihrer Gemeinsamkeiten mit Gipsen aus anderen stratigraphischen Einheiten kurz unter Kap. 3.1.2 beschrieben.

3.1.4.1 Substrate

In Tabelle 29 sind die für **Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Fließerden des Oberen Buntsandstein** ermittelten Elementgehalte gemeinsam mit den tonigen Substraten des Keuper und Muschelkalk in Thüringen und den von HINDEL & FLEIGE (1991) mitgeteilten Ergebnissen dargestellt. Detaillierte Angaben zum verarbeiteten Datenmaterial und weitere statistische Kennzahlen sind in Anlage 1 enthalten.

Die Sb-, As-, Pb-, Cd- und Hg- Gehalte der Rötsubstrate sind niedrig und entsprechen weitgehend (Ausnahme Pb) den von HINDEL & FLEIGE (1991) gefundenen Gehalten. Die Cr- und Ni- Gehalte liegen etwas unter den von HINDEL & FLEIGE (1991) ausgewiesenen Werten.

Zwischen den tonigen Substraten der drei stratigraphischen Einheiten der Trias in Thüringen bestehen keine nennenswerten Unterschiede in der Schwermetallausstattung (Feinbodenfraktion).

Tabelle 29: Elementgehalt (mg/kg TS) von Tonsteinen, Tonen, Tonmergeln und tonigen Fließerden des Röt (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu Keuper- und Muschelkalksubstraten und den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen

	Fraktion < 2mm (n=13)		Fraktion > 2mm (n=10)		Keuper ¹⁾ (< 2mm, n=26)	mo ¹⁾ (< 2mm, n= 25)	HINDEL & FLEIGE (1991)	
Element	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	Median	x_G	V
Sb	0,39	0,17-0,57	0,27	0,065-0,45	0,40	0,21	0,7	0,6-0,9
As	3,6	1,8-11	1,9	0,28-3,7	5,4	4,5	8,9	7,4-10,8
Pb	12	9,2-13	14	4,7-19	11	14	39	34-46
Cd	0,029	0,011-0,057	0,039	< 0,015-0,051	0,037	0,017	< 0,3	-
Cr	69	53-86	43	8,8-101	72	94	103	97-110
Ni	40	30-54	24	7,6-27	41	71	60	55-65
Co	14	9,3-18	7,9	2,1-21	14	15	18	16-20
Cu	12	7,6-25	9,3	3,3-13	17	36	22	19-26
Hg	0,011	< 0,01-0,026	< 0,01	< 0,01	0,019	0,026	0,044	0,032-0,059
Tl	0,65	0,43-0,82	0,36	< 0,3-0,72	0,47	0,47	-	-
Zn	79	61-103	37	11-53	68	74	98	88-108

1) Tonsteine, Tone und Tonmergel

Die Elementgehalte der **Sandsteine und tonig - sandigen Wechselfolgen des Buntsandstein** sind in Tabelle 30 im Vergleich zu den Thüringer Keupersandsteinen und den von HINDEL & FLEIGE (1991) veröffentlichten Werten dargestellt.

Die Sandsteine und tonig - sandigen Wechsellagerungen des Buntsandstein in Thüringen weisen niedrige, den Ergebnissen von HINDEL & FLEIGE (1991) vergleichbare Schwermetall-

konzentrationen auf und liegen damit bei den Elementen Cr, Ni, Co und Cu deutlich unter dem Elementgehalt der Keupersandsteine.

Tabelle 30: Elementgehalt (mg/kg TS) von Sandsteinen und tonig-sandigen Wechsellagerungen des Buntsandstein¹⁾ (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu Thüringer Keupersandsteinen und den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen

Element	Buntsandstein				Keuper ²⁾ (> 2mm, n=7) Median	HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Fraktion < 2mm (n=41)		Fraktion > 2mm (n=30)			x _G	V
	Median	x _{min} -x _{max}	Median	x _{min} -x _{max}			
Sb	0,26	0,034-0,86	0,32	0,034-0,87	0,16	0,6	0,4-0,8
As	3,2	< 0,045-8,7	3,3	< 0,045-11	4,4	4,7	3,6-6,3
Pb	14	< 2-22	15	5,5-28	10	20	16-25
Cd	0,03	< 0,015-0,053	< 0,015	< 0,015-0,031	0,015	< 0,3	-
Cr	19	5-63	14	5,5-52	51	17	9-30
Ni	9,4	< 2-29	5,8	< 2-23	34	14	10-18
Co	4,8	< 2-11	3,0	< 2-9,6	10	5	4-7,5
Cu	3,5	< 2-17	4,5	< 2-22	62	8	5,7-10,8
Hg	< 0,01	< 0,01-0,023	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,021	0,015-0,030
Tl	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	-	-
Zn	14	< 2-48	11	2-31	40	30	22-39

2) Sandsteine

Wie Tabelle 31 zusammenfassend zeigt, haben Buntsandsteinsubstrate niedrige Sb-, As-, Pb-, Cd-, Cu-, Hg- und Tl- Gehalte. Leicht erhöht ist der Gehalt an Cr, Ni und Zn in den tonigen Substraten des Buntsandstein. Der Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Ton wird jedoch nicht überschritten.

Bei den Sandsteinen und tonig - sandigen Wechsellagerungen sind auch bei diesen Elementen erhöhte Gehalte kaum zu verzeichnen. Eine Ausnahme bilden die Chirotheriensandsteine (für welche zwei Profile erschlossen wurden), die hohe Cu- Gehalte > 150 mg/kg TS aufweisen. Gipse des Oberen Buntsandstein werden in Kapitel 3.1.2 beschrieben.

Tabelle 31: Median und 90er Perzentil der Schwermetall- und As-Gehalte von Buntsandstein-substraten (Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt)

		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
		mg/kg TS										
Tonsteine, Tone, Tonmergel u. ton. Fließerden des so (n=13)	Median.	0,39	3,6	12	0,029	69	40	14	12	0,011	0,65	79
	90er Perz.	0,55	8,5	12	0,05	85	45	17	20	0,022	0,78	97
Sandst. u. Wechselfolgen des sm, su (n=41)	Median.	0,26	3,2	14	0,030	19	9,4	4,8	3,5	< 0,01	< 0,3	14
	90er Perz.	0,72	6,9	20	0,047	55	25	8,4	9,2	0,02	< 0,3	41
BMNUR ⁽¹⁾	Ton	-	-	100	1,5	100	70	8,0³⁾	60	1,0	-	200
	Sand	-	-	40	0,4	30	15	-	20	0,1	-	60
LAGA ⁽²⁾		-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z_0 für natürliche Böden

(3) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.4.2 Oberböden

Der Spurenelementgehalt von Oberböden aus Buntsandsteinsubstraten (vgl. Tabelle 32) ist differenziert zu charakterisieren:

- Die Böden aus Tonsteinen, Tonen, Tonmergeln und tonigen Fließerden des Röt weisen niedrige Sb-, As-, Pb-, Hg- und Tl- Gehalte auf. Demgegenüber etwas erhöht ist der Cr- und Ni- Gehalt. Allgemein akzeptierte Richtwerte werden durch das 90er Perzentil erreicht, der Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Ton wird jedoch selbst durch Maximalwerte nicht überschritten. Die Zn- Gehalte schöpfen die Richt-/Grenzwerte weitgehend aus, überschreiten sie mit dem Maximalwert jedoch nicht.
- Die Böden aus Sandsteinen des Unteren und Mittleren Buntsandstein haben durchweg niedrige Elementgehalte. Allgemein akzeptierte Richtwerte werden zu << 50% ausgeschöpft und selbst durch die beobachteten Maximalwerte nicht überschritten. Eine Ausnahme bilden Oberböden aus Chirotheriensandsteinen. Hier sind die im Substrat beobachteten hohen Cu- Gehalte auch mit erhöhten Cu- Gehalten im Oberboden bei deutlicher Überschreitung gängiger Richtwerte verbunden.

Tabelle 32: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Buntsandsteinsubstraten (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2mm, ausreißerbereinigt)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Tonsteine, Tone, Tonmergel (n=27)											
Median	0,62	5,9	23	0,19	60	30	11	22	0,068	0,44	67
90er Perz.	0,76	9,8	36	0,26	73	47	15	42	0,11	0,71	97
x _{min}	0,38	1,7	14	0,045	25	14	3,9	< 2	0,014	< 0,3	27
x _{max}	0,86	12	47	0,28	87	58	16	54	0,14	0,81	107
Sandsteine und tonig - sandige Wechselfolgen (n=55)											
Median	0,51	3,6	28	0,13	18	6,3	3,8	9,3	0,066	< 0,3	28
90er Perz.	1,0	6,7	36	0,23	37	10	8,4	17	0,093	< 0,3	41
x _{min}	0,052	1,1	15	0,018	5,1	< 2	< 2	2,9	0,011	< 0,3	3,3
x _{max}	1,2	9,5	43	0,26	47	15	11	23	0,15	< 0,3	53
BMNUR ⁽¹⁾ Ton	-	-	100	1,5	100	70	8,0⁽⁴⁾	60	1,0	-	200
Sand	-	-	40	0,4	30	15	-	20	0,1	-	60
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120
EIKM./KLOKE ⁽³⁾	-	20	100	1,0	50	40	-	50	0,5	0,5	150
LABO (1995)⁽⁵⁾											
Tonsteine, Acker (n=79)											
Median	0,3	8,0	47	0,5	112*	43	15 ⁽⁶⁾	21	0,07	0,73 ⁽⁶⁾	92
90er Perz.	0,6	10	61	1,1	133*	74	20 ⁽⁶⁾	27	0,14	1,2 ⁽⁶⁾	121
Sandsteine, Acker (n=112)											
Median	0,3	5,0	45	0,3	39**	16	14 ⁽⁶⁾	12	0,07	0,75 ⁽⁶⁾	41
90er Perz.	0,6	7,0	75	0,9	91**	30	17 ⁽⁶⁾	15	0,11	1,1 ⁽⁶⁾	63

* Grünland, n=32

** Wald, n=59

(7) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden

(8) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(9) EIKMANN/ KLOKE (1991): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden, Bodenwert I - multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit

(10) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

(11) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1995): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden.

(12) Hintergrundwerte Bayern, Acker Oberboden (aus LABO 1998)

Co: n=23 (Tonstein) bzw. 27 (Sandstein)

Tl: n=21 (Tonstein) bzw. 28 (Sandstein)

Ein Vergleich der Schwermetallgehalte der Oberböden mit denen des bodenbildenden Substrates zeigt, dass Sb, Cd, Pb, Cu, Hg und Zn im Oberboden angereichert sind. Tabelle 33 enthält für die 11 beprobten Schürfe auf Standorten des unteren und mittleren Buntsandstein die jeweiligen An-/ (Ab-)reicherungsfaktoren für den Oberboden. Die Gehalte der anthropogen weit verbreiteten Elemente Cd und Pb sind mehr als doppelt so hoch wie im Ausgangsmaterial der Bodenbildung, der Hg-Gehalt beträgt das 4,7-fache der Substrate. Bemerkenswert ist auch der Anreicherungsfaktor für Sb von 1,4. Im Vergleich zu anderen Substraten stärker angereichert mit Faktor 2 ist Cu, was jedoch auf die äußerst niedrigen Cu-Gehalte im bodenbildenden Substrat (4,4 mg Cu/kg TS - Median für Thüringer Oberböden: 18 mg Cu/kg TS, vgl. Tabelle 73) zurückzuführen ist. Die Elemente As, Co und TI sind in ihren Gehalten nur wenig verändert, für Cr und Ni ergibt sich eine Abreicherung. Trotz der relativ starken Anreicherung von Hg und abgeschwächt Pb und Cd in den Oberböden werden die Vorsorgewerte der BBodSchV durch die in Thüringen ermittelten Gehalte in vergleichsweise geringem Umfang ausgeschöpft (Bodenart Lehm, vgl. Tabelle 64 und Tabelle 65 im Kapitel 4.2), was darauf hinweist, dass der anthropogenen ubiquitären Komponente bei der Festlegung von Vorsorgewerten (vgl. Kapitel 4.2) ein besonderes Gewicht gegeben wurde.

Tabelle 33: Anreicherungsfaktoren sowie arithm. Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Buntsandsteinstandorten

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	TI	Zn
Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des su und sm (n=11)											
Arithm Mittel Oberboden	0,47	3,9	28	0,11	18	8	6	9	0,053	0,23	27
Arithm Mittel Substrat	0,34	3,5	12	0,033	25	12	6	4	0,011	0,23	19
Anreicherungsfaktor	1,4	1,1	2,4	3,4	0,7	0,6	1,0	2,1	4,7	1,0	1,4
BMNUR ⁽¹⁾ Ton	-	-	100	1,5	100	70	8,0²⁾	60	1,0	-	200
Lehm	-	-	70	1,0	60	50	8,0⁴⁾	40	0,5	-	150
Sand	-	-	40	0,4	30	15	-	20	0,1	-	60

(13)BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden

(14)BOWEN, H. J. M. (1979):Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.5 Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten der Zechsteinstandorte

Böden aus Zechsteinsedimenten treten nur in schmalen Säumen längs der Gebirgsränder auf. Flächenmäßig bedeutungsvolle Vorkommen findet man am Rand von Harz und Kyffhäuser, am Südrand des Thüringer Waldes und in der Orlasenke.

Es werden folgende Substrate unterschieden:

- Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden,
- Kalksteine und Dolomite,
- Gipse.

Gipse werden unter Kap. 3.1.2 behandelt. Die hauptsächlich auftretenden Substratgruppen sind durch 11 Profilaufschlüsse und 19 Oberbodenproben vertreten. Sie sind wie folgt mit Proben belegt:

	Schürfe (n)	Oberböden (n)
⇒ Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden	4 (+2 Reichsmusterstücke)	8
⇒ Kalksteine und Dolomite	7 (+2 Reichsmusterstücke)	11

3.1.5.1 Substrate

In Tabelle 34 sind die für **Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des Zechstein** ermittelten Elementgehalte den von HINDEL & FLEIGE (1991) mitgeteilten und petrographisch vergleichbaren Keupersubstraten gegenübergestellt.

Der Elementgehalt der tonigen Substrate des z entspricht mit Ausnahme des As und Zn den in vergleichbaren Keupersubstraten gefundenen Konzentrationen.

Sie sind wie die meisten Substrate des Mesozoikum durch niedrige Pb- Konzentrationen gekennzeichnet und erreichen nicht die durch HINDEL & FLEIGE (1991) ausgewiesenen sowie in tonigen Substraten des mo gefundenen Cr- und Ni- Gehalte.

Die Grobbodenfraktion weist eine große Schwankungsbreite im Elementgehalt auf, verursacht durch den Anteil toniger Fließerden, die auch kalkiges Verwitterungsmaterial enthalten können.

Tabelle 34: Elementgehalt (mg/kg TS) von Tonsteinen, Tonmergeln, Mergeln und tonigen Fließerden des Zechstein (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu Keuper- und Muschelkalksubstraten sowie den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n=12)		Fraktion > 2mm (n=6)		Keuper ¹⁾ (< 2mm, n=26)	mo ¹⁾ (< 2mm, n=25)	HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	Median	x_G	V
Sb	0,70	0,034-1,1	0,99	0,94-1,1	0,40	0,21	0,7	0,6-0,9
As	16	8,6-27	18	2,8-40	5,4	4,5	8,9	7,4-10,8
Pb	10	5,2-21	15	8,4-19	11	14	39	34-46
Cd	0,079	0,029-0,14	0,054	0,033-0,13	0,037	0,017	< 0,3	-
Cr	62	48-93	86	38-103	72	94	103	97-110
Ni	42	25-47	38	30-57	41	71	60	55-65
Co	14	10-18	13	11-19	14	15	18	16-20
Cu	20	12-38	16	7,8-43	17	36	22	19-26
Hg	< 0,01	< 0,01-0,012	< 0,01	< 0,01	0,019	0,026	0,044	0,032-0,059
Tl	0,75	0,34-1,2	0,93	0,63-1,3	0,47	0,47	-	-
Zn	94	69-108	98	83-117	68	74	98	88-108

1) Tonsteine, Tone und Tonmergel

Tabelle 35: Elementgehalt (mg/kg TS) von Kalksteinen und Dolomiten des Zechstein (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu Keuper- und Muschelkalksubstraten sowie den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n=14)		Fraktion > 2mm (n=17)		Keuper ¹⁾ (< 2mm, n=9)	mm/mo ¹⁾ (< 2mm, n=20)	mu ¹⁾ (< 2mm, n=7)	HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	Median	Median	x_G	V
Sb	0,56	0,11-1,4	0,36	0,12-0,48	0,4	0,23	0,26	0,7	0,6-0,9
As	15	4,4-29	3,1	0,62-13	6,5	5,2	8,6	8,9	7,4-10,8
Pb	25	6,7-51	16	< 2-35	9,7	12	15	39	34-46
Cd	0,18	0,082-0,35	0,051	< 0,015-0,12	0,048	0,064	0,34	< 0,3	-
Cr	5,0	2,2-24	< 2	< 2-3,3	30	11	42	103	97-110
Ni	9,4	2,6-38	4,4	2,3-7,9	33	13	26	60	55-65
Co	4,8	< 2-11	< 2	< 2	8,6	5,8	7,9	18	16-20
Cu	11	< 2-23	4,7	2-15	11	8,2	18	22	19-26
Hg	0,051	< 0,01-0,12	< 0,01	< 0,01	0,014	0,014	0,024	0,044	0,032-0,059
Tl	0,34	< 0,3-1,4	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,46	0,47	-	-
Zn	76	13-164	18	4-34	44	28	40	98	88-108

1) Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite

In Tabelle 35 sind die für **Kalksteine und Dolomite des Zechstein** ermittelten Elementgehalte den von HINDEL & FLEIGE (1991) gefundenen Konzentrationen gegenübergestellt.

Der Elementgehalt der untersuchten Kalksteine und Dolomite ist, mit Ausnahme des As und Zn, niedrig. Die Pb-, Cr-, Ni-, Co- und Cu- Konzentration liegt unter den von HINDEL & FLEIGE (1991) mitgeteilten Werten. Auffallend niedrig sind die Cr- und Ni- Gehalte. Bei beiden Elementen werden die in den untersuchten mesozoischen Kalksteinen und Dolomiten gefundenen Gehalte weit unterschritten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die vorgestellten Substrate des Zechstein (Gipse siehe Kap. 3.1.2) niedrige Pb-, Cd-, Cu- und Hg- Gehalte aufweisen (vgl. Tabelle 36). Tonige Substrate können aufgrund ihres As-, Cr-, Ni- und TI- Gehaltes Ursache für erhöhte Gehalte im Oberboden sein; bei den Kalksteinen und Dolomiten trifft diese Aussage auf die Elemente As, TI und Zn zu.

Tabelle 36: Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Zechsteinsubstraten (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden

Gruppe		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	TI	Zn
		mg/kg TS										
Tonsteine, Tonmergel, Mergel, tonige Fließerden des z (n=12)	Median.	0,70	16	10	0,079	62	42	14	20	< 0,01	0,75	94
	90er Perz.	1,0	21	18	0,12	90	45	18	28	0,011	1,2	102
Kalksteine, Dolomite des z (n=14)	Median.	0,56	15	25	0,18	5,0	9,4	4,8	11	0,051	0,34	76
	90er Perz.	1,0	25	35	0,28	15	28	11	22	0,091	0,71	153
BMNUR ⁽¹⁾		-	-	100	1,5	100	70	8,0 ⁽³⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾		-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(3) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.5.2 Oberböden

Der Spurenelementgehalt von Oberböden aus Substraten des Zechstein lässt sich wie folgt charakterisieren (vgl. auch Tabelle 37):

- Die Konzentration an Pb, Cu und Hg ist niedrig, allgemein akzeptierte Richtwerte für diese Elemente werden im Mittel zu 50% und weniger ausgeschöpft und selbst durch Maximalwerte nicht erreicht. Somit werden auch die Vorsorgewerte der BBodSchV (BMNUR 1999) weit unterschritten.

- Für Sb liegen keine Richtwerte vor. Die Konzentration liegt im Mittel über den von der LABO (1998) veröffentlichten Werten für Tonsteine und ist etwa doppelt so hoch wie die in Oberböden weiterer mesozoischer Substrate gefundenen Gehalte.
- Die Co- Konzentration ist doppelt so hoch wie durch BOWEN (1979) mitgeteilt, liegt jedoch im Bereich der von HAMILTON (1994) für Sedimentgesteine als normal eingestuftten Spannweite von 6 - 22 mg / kg. Sie entspricht den für Bayerische Böden aus vergleichbarem geologischen Material ausgewiesenen Co-Gehalten.
- Der Cd-, Cr-, Ni-, Tl- und Zn- Gehalt der tonigen Substrate erreicht bzw. überschreitet mit dem 90er Perzentil bzw. den Maximalwerten allgemein akzeptierte Richtwerte. Die Vorsorgewerte der BBodSchV (BMNUR 1999) für die Bodenart Ton werden nicht überschritten.
- Die Böden aus tonigen Substraten haben As- Gehalte, die bereits im Mittel die allgemein akzeptierten Richtwerte erreichen. Damit werden diese Werte durch einen relativ hohen Anteil der Proben überschritten. Auch der As- Gehalt der Kalksteine/ Dolomite ist im Vergleich zu den übrigen mesozoischen Böden erhöht.

Die praktische Unterscheidung von tonigen und kalkigen Substraten des Zechstein setzt große Erfahrung voraus, so dass oftmals die Zuordnung erschwert ist. Deshalb wurden für die weitere Betrachtung von Oberböden des Zechstein die beiden Substratgruppen zusammengefasst (siehe auch Tabelle 38). Auf Grund der geringen Belegung von Zechsteinstandorten mit Schürfen wird auf eine Diskussion der Schwermetall- und As-Anreicherung in den Oberböden verzichtet.

Tabelle 37: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Zechsteinsubstraten (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des z (n=8)											
Median	1,2	20	32	0,28	51	29	15	29	0,066	0,93	109
90er Perz.	1,4	25	49	0,57	72	40	19	35	0,15	1,0	124
x _{min}	0,69	13	7,6	0,084	9,0	18	5	22	0,017	0,45	48
x _{max}	1,5	28	70	0,86	83	43	20	39	0,16	1,1	134
Kalksteine und Dolomite des z (n=11)											
Median	0,93	14	45	0,40	42	24	10	24	0,091	0,63	103
90er Perz.	1,3	16	54	0,60	49	33	17	31	0,14	1,2	158
x _{min}	0,57	11	30	0,26	9,5	13	4,4	7,4	< 0,01	< 0,3	59
x _{max}	1,4	16	63	0,74	54	39	18	32	0,16	1,3	224
BMNUR ⁽¹⁾	-	-	100	1,5	100	70	8,0⁽⁴⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120
EIKM./KLOKE ⁽³⁾	-	20	100	1,0	50	40	-	50	0,5	0,5	150
LABO ⁽⁵⁾ Tonsteine, Acker (n=79)											
Median	0,3	8,0	47	0,5	112*	43	15 ⁽⁶⁾	21	0,07	0,73 ⁽⁶⁾	92
90er Perz.	0,6	10	61	1,1	133*	74	20 ⁽⁶⁾	27	0,14	1,2 ⁽⁶⁾	121
Kalkstein / Dolomit, nur Bayerische Alpen, Wald (n=65)											
Median	-	-	88	1,3	55	27	14 ⁽⁶⁾	15	-	0,75 ⁽⁶⁾	120
90er Perz.	-	-	185	3,4	92	44	17 ⁽⁶⁾	21	-	1,1 ⁽⁶⁾	250

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(3) EIKMANN/ KLOKE (1991): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden, Bodenwert I - multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit

(4) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

(5) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1995): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden.

(6) Hintergrundwerte Bayern, Acker Oberboden (aus LABO 1998)

Co: n=23 (Tonstein) bzw. 24 (Kalkstein) Tl: n=21 (Tonstein) bzw. 24 (Kalkstein)

Tabelle 38: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Zechsteinsubstraten (zusammengefasste Gruppierung, n=19, ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Median	1,0	16	40	0,36	43	25	13	26	0,074	0,66	110
90er Perz.	1,4	23	66	0,64	65	38	18	32	0,15	1,1	173
x _{min}	0,57	11	7,6	0,084	9,0	13	4,4	12	< 0,01	< 0,3	48
x _{max}	1,5	28	77	0,82	83	43	20	39	0,16	1,3	235
BMNUR ⁽¹⁾	-	-	100	1,5	100	70	8,0⁽⁴⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120
EIKM./KLOKE ⁽³⁾	-	20	100	1,0	50	40	-	50	0,5	0,5	150

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(3) EIKMANN/ KLOKE (1991): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden, Bodenwert I - multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit

(4) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.6 Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten des Thüringer Waldes

Die im Bereich des Thüringer Waldes angetroffenen Gesteine sind sehr vielfältig und deshalb im Zusammenhang mit der Zielstellung der vorliegenden Arbeit hinsichtlich der Ausstattung mit Spurenelementen nicht umfassend zu beschreiben. Flächenmäßig bedeutungsvoll sind die Sedimentite und Vulkanite des Rotliegenden sowie verschiedene ältere Magmatite, die im Zuge der varistischen Gebirgsbildung entstanden und freigelegt wurden.

Durch die Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen wurden folgende Substrate getrennt erfasst:

	Schürfe (n)
⇒ Sandsteine des Permosiles	4
⇒ Ton- und Schluffsteine des Permosiles	4
⇒ Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe	9
⇒ Dolerit und Melaphyr	2
⇒ Granite	2
⇒ Gneise, phyllitische Tonschiefer, kontaktmetamorphe Schiefer	3

Insgesamt kamen 64 Oberbodenproben zur Auswertung. Sie verteilen sich wie folgt auf diese Substratgruppen:

	Oberböden (n)
⇒ Sand-, Ton- und Schluffsteine des Permosiles	16
⇒ Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe	20
⇒ Dolerit und Melaphyr	-
⇒ Granite	9
⇒ Gneise, phyllitische Tonschiefer, kontaktmetamorphe Schiefer	19

3.1.6.1 Substrate

Über lithogene Schwermetallgehalte der Substrate des Thüringer Waldes liegen keine zusammenfassenden Untersuchungen vor. Verschiedene Veröffentlichungen betreffen ausgewählte stratigraphische Schichten oder wurden aus der Sicht der Lagerstättenerkundung durchgeführt, so dass kein geschlossenes Bild von der Schwermetallausstattung überwiegend anzutreffender und für die Bodenbildung maßgeblicher Substrate existiert.

In Tabelle 39 sind die für **Sandsteine des Permosiles** ermittelten Elementkonzentrationen den von HINDEL & FLEIGE (1991) gefundenen Gehalten gegenübergestellt. Die Sandsteine

des Permosiles im Thüringer Wald weisen höhere As-, Cr- und Ni- Gehalte auf als die von HINDEL & FLEIGE (1991) untersuchten Sandsteine, die allerdings alle Sandsteinvorkommen des geologischen Gesamtprofils in Deutschland umfassen und somit faziell bedingt vorhandene Unterschiede bei Sandsteinvorkommen der verschiedenen stratigraphischen Niveaus nicht ausweisen.

Trotzdem erlauben die faziellen Besonderheiten der Sandsteingruppen des Keuper, Buntsandstein und Rotliegenden keine Zusammenfassung. Ähnlichkeiten bestehen im Schwermetallgehalt zwischen Keuper- und Rotliegendesandsteinen (Ausnahme Sb, As und Cu). Dieser Sachverhalt spiegelt genetische Parallelen wider, die zum Buntsandstein nicht bestehen.

Tabelle 39: Elementgehalt (mg/kg TS) Thüringer Sandsteine des Permosiles (x_G , x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) und in Sandsteinen des Keuper und Buntsandstein Thüringens ermittelten Konzentrationen

Element	Sandsteine des Permosiles				HINDEL & FLEIGE (1991)		Keuper ¹⁾	sm/su ²⁾
	< 2mm (n=5)		> 2mm (n=8)		x_G	V	(> 2mm) n=7 Median	(< 2mm) n=41 Median
	Median	$x_{\min} - x_{\max}$	Median	$x_{\min} - x_{\max}$				
Sb	1,0	<0,045-3,5	0,62	0,53-1,53	0,6	0,4-0,8	0,16	0,26
As	7,3	4,7-9,2	12	5,5-18	4,7	3,6-6,3	4,4	3,2
Pb	12	11-12	8,6	6,5-10	20	16-25	10	14
Cd	0,041	<0,015-0,052	0,051	0,032-0,063	< 0,3	-	0,015	0,03
Cr	58	43-65	55	30-68	17	9-30	51	19
Ni	22	18-32	25	15-34	14	10-18	34	9,4
Co	10	4-15	7,4	2,8-13	5	4,0-7,5	10	4,8
Cu	8,7	4,6-13	8,0	3,9-12	8	5,7-10,8	62	3,5
Hg	< 0,01	< 0,01-0,01	< 0,01	< 0,01	0,021	0,015-0,030	< 0,01	< 0,01
Tl	0,61	0,54-1,1	0,94	0,33-1,5	-	-	< 0,3	< 0,3
Zn	38	16-49	31	10-64	30	22-39	40	14

1) Sandsteine

2) Sandsteine und tonig - sandige Wechsellagerungen

In Tabelle 40 sind die für **Schluff- und Tonsteine des Permosiles** ermittelten Elementgehalte den von HINDEL & FLEIGE (1991) und in petrographisch gleichgestellten Tonsteinen des Mesozoikum/Jungpaläozoikum gefundenen Gehalten gegenübergestellt.

Die Tabelle 40 zeigt, dass mit Ausnahme von As, Sb und Co die Elementgehalte niedriger sind als die der von HINDEL & FLEIGE (1991) untersuchten überwiegend devonischen Tonsteine. Sie entsprechen den für Schluff- und Tonsteine mesozoisch/jungpaläozoischer Substrate gefundenen Gehalten. Trotzdem sollten Ton- und Schluffsteine des Rotliegenden nicht mit den Tonschiefern und / oder Tonsteinen der mesozoischen Substrate zusammengefasst

werden, da die Rotliegendesedimente unter anderen Bedingungen entstanden sind, die Besonderheiten im Stoffbestand bedingen können.

Der As- Gehalt liegt über den von HINDEL & FLEIGE (1991) und den für Schluff- und Tonsteine mesozoisch/jungpaläozoischer Substrate ausgewiesenen Konzentrationen. Er überstreicht einen relativ weiten Bereich von 6 bis 152 mg/kg TS, wobei eine Abreicherung von der Stein- zur Feinfraktion zu beobachten ist.

Hohe Schwermetallgehalte von 350 mg Pb/kg TS, 189 mg As/kg TS und 443 mg Zn/kg TS sowie ebenfalls erhöhte Cd-, Sb-, Hg- und Tl- Konzentrationen wies ein Tonschiefer der Manebacher Schichten auf. Die klassische Ausbildung der Manebacher Schichten bei Manebach umfasst neben pelitischen Sedimenten mit einem Anteil organischer Substanz auch Steinkohleflöze. Die Konzentration tonreicher Sedimente und organischer Substanz kann zu lokalen Schwermetallanreicherungen führen. Die genannten Analysenergebnisse wurden in die statistische Auswertung nicht einbezogen, zeigen aber, dass Schluff- und Tonsteine des Permosiles lokal begrenzt hohe Schwermetallgehalte aufweisen können.

Tabelle 40: Elementgehalt (mg/kg TS) Thüringer Schluff- und Tonsteine des Permosiles (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) und für mesozoisch/jungpaläozoische Schluff- u. Tonsteine ermittelten Konzentrationen

Element	Schluff- und Tonsteine des Permosiles < 2mm (n= 6)		> 2mm (n= 6)		HINDEL & FLEIGE (1991)		Keuper ¹⁾ < 2mm, n=26	mo ¹⁾ < 2mm, n=25	so < 2mm, n=13	z < 2mm, n=12
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	x_G	V	Median	Median	Median	Median
Sb	1,4	1,0-2,1	2,3	0,19-5,9	0,7	0,6-0,9	0,40	0,21	0,39	0,99
As	26	13-77	74	15-230	8,9	7,4-10,8	5,4	4,5	3,6	18
Pb	11	8,2-35	9,3	5,4-32	39	34-46	11	14	12	15
Cd	0,072	0,07-0,13	0,14	0,055-0,21	< 0,3	-	0,037	0,017	0,029	0,054
Cr	72	66-85	60	37-93	103	97-110	72	94	69	86
Ni	34	21-43	28	18-30	60	55-65	41	71	40	38
Co	15	12-16	11	8,5-13	18	16-20	14	15	14	13
Cu	18	10-48	19	7,2-21	22	19-26	17	36	12	16
Hg	0,045	< 0,01-0,083	0,023	< 0,01-0,032	0,044	0,032-0,059	0,019	0,026	0,011	< 0,01
Tl	0,82	0,59-1,3	< 0,3	< 0,3-0,79	-	-	0,47	0,47	0,65	0,93
Zn	69	38-145	59	37-147	98	88-108	68	74	79	98

1) Tonsteine, Tone, Tonmergel, tonige Fließerden

Tabelle 41 enthält die für **Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe** ermittelten Elementkonzentrationen. Diese sauren bis intermediären Ergussgesteine des Permosiles weisen niedrige Elementgehalte auf.

Tabelle 41: Elementgehalt (mg/kg TS) Thüringer Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe (Median, x_{\min} , x_{\max})

Element	Fraktion < 2mm (n=13)		Fraktion > 2mm (n=17)	
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}
Sb	0,60	0,31-0,99	0,50	< 0,045-1,9
As	7,4	1,8-14	6,8	1,4-12
Pb	9,8	< 2-32	10	< 2-25
Cd	0,049	< 0,015-0,099	0,044	< 0,015-0,091
Cr	28	11-51	24	< 2-88
Ni	13	9,1-20	8,9	< 2-17
Co	10	8,1-17	3,5	< 2-9,3
Cu	5,9	3,6-10	4,6	< 2-6,4
Hg	0,027	0,014-0,078	< 0,01	< 0,01
Tl	0,51	< 0,3-0,86	0,34	< 0,3-0,59
Zn	32	18-42	24	8,7-65

Die **basischen Ergussgesteine** des Thüringer Waldes Dolerit und Melaphyr wurden nur durch jeweils einen Schurf erfasst. Ihre Elementgehalte werden kurz unter Kapitel 3.1.8 - Basalte der Rhön - diskutiert.

Granite des Permosiles wurden im Thüringer Wald nur in 2 Schürfen erschlossen. Es liegen dazu 5 Gesteins- und 4 Feinbodenproben vor. Die Aussagen zum Elementgehalt sind somit unsicher. In Tabelle 42 sind die ermittelten Elementkonzentrationen den von HINDEL & FLEIGE (1991) gefundenen Gehalten gegenübergestellt.

Die Granite des Thüringer Waldes weisen höhere As-, Cr- und Ni - sowie niedrigere Zn- Gehalte als die von HINDEL & FLEIGE (1991) untersuchten Proben auf. Diese Ergebnisse stimmen mit dem palingenen und im allgemeinen wenig differenzierten Charakter der Thüringer Granite überein. Der Elementgehalt der untersuchten Proben entspricht in seiner Schwankungsbreite den von WERNER (1972) für den Ruhlaer Granit veröffentlichten Pb-, Cu-, Ni-, Co- und Cr - Gehalten.

Tabelle 42: Elementgehalt (mg/kg TS) von Granit (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) ermittelten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n=4)		Fraktion > 2mm (n=5)		HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	x_G	V
Sb	0,53	0,33-0,80	0,45	0,1-1,4	0,4	0,13 - 1,4
As	8,9	5,0-12	8,1	5,6-14	1,0	1,2 - 2,9
Pb	12	8,3-14	12	11-13	25	9 - 72
Cd	0,040	0,031-0,043	0,028	< 0,015-0,059	< 0,3	-
Cr	42	34-47	17	13-23	4	2 - 10
Ni	19	16-22	8,1	7,4-12	8	4 - 19
Co	9,4	5,3-12	5,6	< 2-12	4	2 - 12
Cu	5,8	5,8-6,1	3,2	2,6-4,4	3	0,5 - 19
Hg	0,026	0,014-0,045	< 0,01	< 0,01	0,019	0,006 - 0,06
Tl	0,66	0,54-0,67	0,31	< 0,3-0,5	-	-
Zn	13	8,6-17	2,5	< 2-9,0	31	8 - 121

In Tabelle 43 sind für **Gneise** und in Tabelle 44 für **phyllitische Tonschiefer und kontaktmetamorphe Schiefer** Median und Schwankungsbreite der Elementgehalte zusammen mit den von SEHM (1989) veröffentlichten Untersuchungsergebnissen dargestellt.

Prinzipiell weisen die untersuchten kontaktmetamorphen Gesteine eine große Ähnlichkeit im Schwermetallmuster auf. Ein Vergleich mit den von SEHM (1989) für insgesamt 63 Phyllite bzw. kontaktmetamorphe Schiefer zusammengestellten Werten zeigt mit Ausnahme des Pb eine gute Übereinstimmung. Alle Untersuchungen weisen darauf hin, dass bei diesem Substrat mit leicht erhöhten Cr-, (Ni-), Co- und Zn-Werten zu rechnen ist. Eine Überschreitung beispielsweise der Vorsorgewerte der BBodSchV in den darauf gebildeten Böden ist insbesondere für die Elemente Zn und Cr nicht auszuschließen.

Tabelle 43: Elementgehalt (mg/kg TS) der Gneise (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von SEHM u.a. (1989) für Phyllite bzw. kontaktmetamorphe Schiefer veröffentlichten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n= 6)		Fraktion > 2mm (n= 7)		SEHM u.a. (1989, n=63)
	Median	$x_{\min} - x_{\max}$	Median	$x_{\min} - x_{\max}$	
Sb	0,95	0,34-1,1	0,27	0,20-0,33	-
As	7,5	6,0-9,6	7,7	3,1-23	8
Pb	5,5	< 2-20	5,9	< 2-18	40
Cd	0,10	0,035-0,24	0,046	0,035-0,062	-
Cr	240	51-691	128	41-210	82
Ni	50	21-67	23	19-40	32
Co	38	17-57	21	12-39	13
Cu	11	11-15	9,6	6,9-14	24
Hg	0,036	0,019-0,062	< 0,01	< 0,01	0,025
Tl	0,58	0,39-1,1	0,30	< 0,3-0,70	-
Zn	138	16-212	86	11-122	117

Tabelle 44: Elementgehalt (mg/kg TS) der phyllitischen und kontaktmetamorphen Schiefer (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von SEHM u.a. (1989) veröffentlichten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n=8)		Fraktion > 2mm (n=5)		SEHM u.a. (1989, n=63)
	Median	$x_{\min} - x_{\max}$	Median	$x_{\min} - x_{\max}$	
Sb	1,4	0,83-1,7	1,6	0,19-2,2	-
As	1,5	0,48-13	2,1	0,99-10	8
Pb	8,6	4,8-20	22	12-28	40
Cd	< 0,015	< 0,015-0,027	0,042	0,015-0,084	-
Cr	97	69-110	127	88-151	82
Ni	37	31-39	45	24-62	32
Co	16	11-22	17	16-18	13
Cu	12	7,5-43	37	15-43	24
Hg	0,021	< 0,01-0,045	0,047	0,020-0,090	0,025
Tl	0,48	0,42-0,54	0,42	0,30-0,68	-
Zn	128	124-137	160	92-187	117

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die meisten der untersuchten Substrate des Thüringer Waldes Elementgehalte unter allgemein akzeptierten Richt-/ Grenzwerten aufweisen (vgl. Tabelle 45). Niedrig ist der Elementgehalt der beprobten Granite, auch die Sandsteine und die sauren bis intermediären Ergussgesteine des Permosiles weisen keine nennenswerten Schwermetallkonzentrationen auf. Erhöhte Konzentrationen der Elemente Cr und As wurden in Ton-/Schluffsteinen des Permosiles und der Elemente Cr, Ni und Zn in den kontaktmetamorphen Gesteinen registriert. Die Vorsorgewerte der BBodSchV für die Bodenart Ton werden durch das kontaktmetamorphe Gestein bei den Elementen Cr und Zn teilweise durch einen hohen Prozentsatz der Proben überschritten. Prinzipiell sind die n-Zahlen jedoch zu niedrig, um sichere Aussagen treffen zu können.

Lokal begrenzt sehr hohe Schwermetallkonzentrationen können durch bestimmte Schichten der Sedimente des Permosiles (z. B. Manebacher Schichten) verursacht werden.

Tabelle 45: Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Substraten des Thüringer Waldes, Harzes und Kyffhäusers (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden

		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
		mg/kg TS										
Sandsteine des Permosiles n=5	Median	1,0	7,3	12	0,041	58	22	10	8,7	< 0,01	0,61	38
	90er Perz.	3,0	8,9	12	0,048	63	31	13	13	0,01	0,97	48
Ton- und Schluffsteine des Permosiles n=6	Median	1,4	26	11	0,072	72	34	15	18	0,045	0,82	69
	90er Perz.	1,8	64	29	0,11	80	40	16	37	0,069	1,1	124
Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe n=13	Median	0,60	7,4	9,8	0,049	28	13	10	5,9	0,027	0,51	32
	90er Perz.	0,88	13	16	0,069	49	19	14	8,7	0,075	0,71	41
Granit n=4	Median	0,53	8,9	12	0,040	42	19	9,4	5,8	0,026	0,66	13
	90er Perz.	0,73	11	14	0,042	46	21	11	6,0	0,041	0,67	16
Gneise, phyllitische u. kontaktm. Tonsch. n=11	Median.	1,1	6,5	13	0,070	114	46	18	25	0,036	0,57	164
	90er Perz.	2,3	11	28	0,14	136	62	24	43	0,087	1,1	212
BMNUR ⁽¹⁾		-	-	100	1,5	100	70	8,0 ⁽³⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾		-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z_0 für natürliche Böden

(3) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.6.2 Oberböden

Der Schwermetallgehalt der Oberböden des Thüringer Waldes kann folgendermaßen charakterisiert werden (vgl. auch Tabelle 46):

- Die Sb - Konzentration der Oberböden ist im gesamten Material höher als die durch die LABO für Tonsteine ausgewiesenen Gehalte.
- Der As - Gehalt unterschreitet in der Mehrzahl der untersuchten Oberböden allgemein akzeptierte Richtwerte, schöpft sie aber zu einem hohen Prozentsatz aus. Auf zwei Standorten wurden erhöhte Gehalte registriert, die mit dem hohen As - Gehalt der Tonsteine zu erklären sind. In der Praxis gestaltet sich jedoch eine Zuordnung der Oberböden zu Ton- oder Sandsteinen des Permosiles schwierig.
- Der Pb - Gehalt ist in mehr als 10% der Fälle größer als allgemein akzeptierte Richtwerte. Im Vergleich zu anderen Substraten (= Standorten) ist eine vermehrte Anreicherung von Pb im Oberboden festzustellen, was möglicherweise anthropogen durch die ansässige Glasindustrie verursacht ist. Auch im Stadtgebiet Lauscha als Zentrum Glasindustrie wurden hohe Pb-Gehalte in den Oberböden gefunden (TMLNU 1994).
- Wenig auffällig sind die Cd-, Ni-, Co-, Cu-, Hg- und Tl - Gehalte. Allgemein akzeptierte Richt- / Grenzwerte werden selbst durch 90er Perzentilwerte nicht erreicht. Allerdings ist der Co-, Cu- und Ni-Gehalt der Böden aus kontaktmetamorphen Gesteinen etwa doppelt so hoch, wie die der übrigen untersuchten Standorte.
- Leicht erhöht ist der Cr-Gehalt von Böden aus Sedimenten des Permosiles. Die Cr - Konzentration der Böden aus Magmatiten unterschreitet allgemein akzeptierte Richtwerte. Demgegenüber erhöht ist der Cr-Gehalt der kontaktmetamorphen Gesteine. Sie überschreiten bereits im Mittel allgemein akzeptierte Richt- / Grenzwerte und mit dem 90er Perzentil den Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Ton.
- Der Zn - Gehalt der Böden aus Sedimenten des Permosiles und aus sauren bis intermediären Ergussgesteinen erreicht nur mit Maximalwerten allgemein akzeptierte Richtwerte. Leicht erhöht ist der Zn - Gehalt von Oberböden aus Granit und kontaktmetamorphen Gesteinen.

Es ist immer wieder zu betonen, dass Böden des Thüringer Waldes regional eng begrenzt substratbürtig hohe Schwermetallkonzentrationen aufweisen können. In diesem Zusammenhang sind insbesondere kohlig-sapropelitischen Horizonte des Permosiles zu nennen, z. B. die flözführende Manebach-Folge oder der Acanthodes-Horizont der Goldlauterfolge.

Tabelle 46: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Substraten des Thüringer Waldes, Harzes und Kyffhäusers (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Sand-, Ton- und Schluffsteine des Permosiles (n=16)											
Median	1,2	11	66	0,22	42	18	7,9	14	0,15	0,74	57
90er Perz.	2,8	17	131	0,44	63	24	11	19	0,20	1,2	91
x_{\min}	0,68	6,8	14	0,036	20	7,3	< 2	6,8	0,079	0,32	18
x_{\max}	3,4	19	142	0,49	72	30	14	24	0,30	1,4	99
Saure bis intermediäre Ergussgesteine (n=20)											
Median	1,5	9,0	80	0,18	27	5,5	2,5	9,4	0,20	0,54	46
90er Perz.	3,4	19	168	0,34	42	14	7,9	14	0,34	0,77	87
x_{\min}	0,42	2,6	12	< 0,015	4,5	< 2	< 2	5,1	0,023	< 0,3	12
x_{\max}	4,4	20	176	0,49	49	17	10	16	0,38	0,99	109
Granit (n=9)											
Median	1,8	12	78	0,13	32	10	5,1	14	0,25	0,52	58
90er Perz.	2,7	20	155	0,21	41	14	10	16	0,38	0,69	126
x_{\min}	0,51	8,4	29	0,090	12	3	< 2	6,6	0,12	0,40	22
x_{\max}	3,2	25	165	0,22	42	18	11	17	0,41	0,75	126
Gneise, phyll. und kontaktm. Tonschiefer (n= 19)											
Median	1,5	10	66	0,19	66	21	8,5	20	0,23	0,51	75
90er Perz.	3,4	18	147	0,44	112	38	17	27	0,31	0,95	175
x_{\min}	0,76	5,5	36	0,09	20	3,7	< 2	9,6	0,087	< 0,3	23
x_{\max}	4,0	22	162	0,46	165	40	30	35	0,38	1,1	221
BMNUR ⁽¹⁾	-	-	100	1,5	100	70	8,0⁽⁴⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120
EIKM./KLOKE ⁽³⁾	-	20	100	1,0	50	40	-	50	0,5	0,5	150
LABO ⁽⁵⁾											
Tonsteine, Acker (n=79)											
Median	0,3	8,0	47	0,5	112	43	15 ⁽⁶⁾	21	0,07	0,73 ⁽⁶⁾	92
90er Perz.	0,6	10	61	1,1	133	74	20 ⁽⁶⁾	27	0,14	1,2 ⁽⁶⁾	121

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z_0 für natürliche Böden

(3) EIKMANN/ KLOKE (1991): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden, Bodenwert I - multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit

(4) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

(5) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1995): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden.

(6) Hintergrundwerte Bayern, Acker Oberboden (aus LABO 1998)

Co: n=23

Tl: n=21

Ein Vergleich der Schwermetallgehalte der Oberböden mit denen des bodenbildenden Substrates zeigt, dass Sb, As, Cd, Pb, Cu, Hg und Zn im Oberboden angereichert sind. Tabelle 47 enthält für die 11 beprobten Schürfe in Substraten des Thüringer Waldes die jeweiligen An-/ (Ab-)reicherungsfaktoren für den Oberboden. Die Gehalte der anthropogen weit verbreiteten Elemente Cd und Pb betragen das 3,8 (Cd)- bzw. 5,7 (Pb)-fache des Ausgangsmaterials der Bodenbildung, der Hg-Gehalt das 4,6-fache des der Substrate. Für das Element Pb findet man den höchsten Anreicherungsfaktor unter den Thüringer Bodenprofilen, was nicht auf niedrige substratbürtige Gehalte zurückführbar ist sondern mit der im Thüringer Wald ansässigen Glasindustrie in Zusammenhang gebracht werden sollte (s. o.).

Bemerkenswert ist auch der Anreicherungsfaktor für Sb von 1,8. Die Elemente As, Cu und Zn sind in ihren Gehalten geringfügig angereichert, für Cr, Ni und Co ergibt sich eine Abreicherung.

Die starke Anreicherung von Pb ist mit einer relativ hohen Ausschöpfung des Vorsorgewertes der BBodSchV verbunden, in Einzelfällen ist mit Überschreitungen zu rechnen (s. o. und Tabelle 64 und Tabelle 65 im Kapitel 4.2). Auch beim Element Cr sind Überschreitungen des Vorsorgewertes nicht auszuschließen, diese sind jedoch i. d. R. substratbürtig.

Tabelle 47: Anreicherungsfaktoren sowie arithmetisches Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Substraten des Thüringer Waldes (n=22)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Arithm Mittel Oberboden	1,6	10,5	69	0,23	50	20	10	14	0,174	0,6	82
Arithm Mittel Substrat	0,88	8,1	12	0,060	56	24	14	10	0,038	0,57	55
Anreicherungsfaktor	1,8	1,3	5,7	3,8	0,9	0,8	0,8	1,4	4,6	1,0	1,5
BMNUR ⁽¹⁾ Ton	-	-	100	1,5	100	70	8,0²⁾	60	1,0	-	200
Lehm	-	-	70	1,0	60	50	8,0⁴⁾	40	0,5	-	150
Sand	-	-	40	0,4	30	15	-	20	0,1	-	60

(15)BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden

(16)BOWEN, H. J. M. (1979):Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.7 Schwermetall- und As-Gehalt von Böden und Substraten des Thüringer Schiefergebirges

Die Substrate des Thüringer Schiefergebirges umfassen ein großes stratigraphisches Intervall, das vom Oberproterozoikum bis zum Unterkarbon reicht und sehr verschiedenartige Substrattypen beinhaltet. Die Anzahl der Schürfe zur Abdeckung dieser Typenvielfalt war, da sie flächenmäßig weniger bedeutungsvoll sind, jedoch begrenzt:

	Schürfe (n)
⇒ Tonschiefer	20 (+ 2 Reichsmusterstücke + 2 BDF)
⇒ Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer-Wechselagerung	4 (+ 2 Reichsmusterstücke)
⇒ Quarzite, Quarzitschiefer	2
⇒ Diabase, Diabastuffe	3
⇒ Kalksteine (Silur und Devon)	2
⇒ Kieselschiefer	2
⇒ Schwärzschiefer	1
⇒ Silikatische Eisenerze	1

Insgesamt kamen 59 Oberbodenproben zur Auswertung. Ihre Verteilung auf einzelne Substratgruppen gestaltet sich wie folgt:

	Anzahl Oberböden
⇒ Tonschiefer	23
⇒ Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer-Wechselagerung	11
⇒ Quarzite, Quarzitschiefer	8
⇒ Diabase, Diabastuffe	4
⇒ Kalksteine (Silur und Devon)	5
⇒ Kieselschiefer	8

3.1.7.1 Substrate

Tonschiefer sind entsprechend ihrer regionalen Verbreitung mit einer relativ großen Anzahl von Proben belegt. In Tabelle 48 sind die ermittelten Elementkonzentrationen den von SEHM (1989) aufgearbeiteten Untersuchungsergebnissen gegenübergestellt.

Zwischen den über die Profilaufschlüsse ermittelten Elementgehalten und den von SEHM (1989) zusammengestellten Analysenergebnissen zur Lithogeochemie bestehen, mit Ausnahme des As, nur geringe Unterschiede. Sehr gut stimmen die Ergebnisse auch mit den von HINDEL & FLEIGE (1991) für überwiegend devonische Tonsteine veröffentlichten Ergebnissen überein (vgl. z. B. Kap. 3.1.2.1).

Relativ große Schwankungen in den Elementgehalten können ihre Ursache in faziell bedingten Unterschieden in der Schwermetallanreicherung haben. So weist der Kenntnisstand zu den lithogeochemischen Gehalten Anreicherungen bei einzelnen Schwermetallen in folgenden Niveaus auf:

- ⇒ Höhere Zn-, Co-, Cr-Werte im Niveau des Rußschiefers (tiefes Unterkarbon) infolge erhöhter Kohlenstoffgehalte;
- ⇒ Höhere Cu-, Zn-, Co-, Cr-, As-Werte in oberdevonischen Tonschiefern infolge des Einflusses von basischem Magmatismus;
- ⇒ schwach erhöhte Hg-Gehalte im Niveau des Lederschiefers (oberes Ordovizium).

Wie die kontaktmetamorphen Gesteine des Thüringer Waldes weisen die Tonschiefer erhöhte Cr-, Ni-, Co-, Cu- und Zn-Gehalte auf. Auch in den übrigen Elementgehalten sind sie mit dem kontaktmetamorphen Material aus dem Thüringer Wald vergleichbar.

Tabelle 48: Elementgehalt (mg/kg TS) von Tonschiefern (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von SEHM u.a. (1989) veröffentlichten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n= 37)		Fraktion > 2mm (n= 35)		SEHM u.a. (1989, n=662)
	Median	$x_{\min} - x_{\max}$	Median	$x_{\min} - x_{\max}$	
Sb	1,3	0,29-3,3	0,98	0,27-3,4	-
As	12	0,86-24	11	0,57-29	35
Pb	18	3,1-47	14	6,4-30	20
Cd	0,077	< 0,015-0,29	0,057	< 0,015-0,24	-
Cr	94	33-142	108	71-146	96
Ni	45	23-72	47	18-75	61
Co	20	< 2-38	19	7,6-34	21
Cu	39	4,1-86	40	6,5-112	64
Hg	0,070	0,014-0,22	0,026	< 0,01-0,12	0,27
Tl	0,47	< 0,3-0,96	0,54	0,30-0,90	-
Zn	108	32-190	127	18-181	138

Ebenfalls erhöhte Elementgehalte wurden in **Schwärz- und Kieselschiefern** des Silur / Unterdevon registriert. Das betrifft insbesondere die Elemente Cu, Zn, Ni und Hg.

Altpaläozoische **Quarzite** wurden im Rahmen des Hauptprojektes in 2 Schürfen erschlossen. Sie sind nur mit einer geringen Zahl von Analysenergebnissen belegt. Die untersuchten Proben weisen bei den meisten Elementen niedrige Gehalte auf, so dass eine Überschreitung von Richtwerten substratbütig nicht zu erwarten ist.

Die Elementgehalte der **Grauwacken- und Grauwacken-Tonschiefer-Wechselfolgen** sind in Tabelle 49 den von SEHM (1989) aufgearbeiteten Untersuchungsergebnissen gegenübergestellt.

Bereits im Mittel leicht erhöht ist der Cr- und Ni-Gehalt der untersuchten Proben. Die Gehalte der meisten Elemente entsprechen den von SEHM (1989) zusammengestellten Konzentrationen für Grauwacken- und Grauwacken-Tonschiefer-Wechselfolgen des Unterkarbon bis Proterozoikum. Niedrigere Konzentrationen wurden für As und Cu, höhere für Cr gefunden.

Tabelle 49: Elementgehalt (mg/kg TS) von Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer-Wechselfolgen (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von SEHM u.a. (1989) veröffentlichten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n= 12)		Fraktion > 2mm (n= 10)		SEHM u.a. (1989, n=74)
	Median	x_{\min} - x_{\max}	Median	x_{\min} - x_{\max}	
Sb	0,66	0,52-22,9	0,97	0,32-2,8	-
As	10	3,6-27	6,9	2,1-9,7	25
Pb	13	<2-30	8,7	5,4-20	17
Cd	0,042	< 0,015-0,2	0,057	0,021-0,13	-
Cr	107	73-155	127	87-158	77
Ni	37	27-46	42	26-67	40
Co	15	8,1-26	14	6,2-26	14
Cu	22	9,8-36	26	6,7-33	53
Hg	0,060	0,026-0,12	0,058	0,021-0,19	0,034
Tl	0,42	< 0,3-0,57	0,48	0,39-0,54	-
Zn	96	54-119	85	50-120	78

An **karbonatischen Gesteinen** wurden im Thüringer Schiefergebirge Kalksteine des Silur und Kalkknotenschiefer des Oberdevon aufgeschlossen. Die Elementgehalte dieses Materials schwanken sehr. Generelle Aussagen können auf Grund des geringen Datenmaterials nicht getroffen werden.

Diabase und Diabastuffe des Thüringer Schiefergebirges sind durch 3 Schürfe belegt. Es liegen dazu 6 Gesteins- und 5 Feinbodenproben vor. In Tabelle 50 sind die ermittelten Elementkonzentrationen den von SEHM (1989) aufgearbeiteten Untersuchungsergebnissen gegenübergestellt.

Die Untersuchungen haben teilweise erhöhte Sb-, As-, Cr-, Ni-, Cu- und Zn-Gehalte ergeben, so dass eine Überschreitung beispielsweise der Vorsorgewerte der BBodSchV (BMNUR 1999) im darauf gebildeten Boden möglich ist. Da es sich bei diesen Substraten um Vulkanite und ihre Tuffe handelt, liegt ein signifikanter Unterschied in der Schwermetallführung gegenüber den begleitenden sedimentären Substraten auf der Hand. Der basische Charakter des Vulkanismus lässt vor allem Anreicherungen von Cr, Ni und Cu erwarten. Wie

bereits erwähnt, werden diese Elemente auch in den begleitenden tonigen Schiefersubstraten geringfügig angereichert, ohne jedoch den Pegel der Vulkanite zu erreichen. Die ange- troffenen Cr- und Ni-Konzentrationen liegen über den von SEHM (1989) ermittelten Mittelwer- ten.

Tabelle 50: Elementgehalt (mg/kg TS) von Diabasen und Diabastuffen (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu den von SEHM u.a. (1989) veröffentlichten Konzentrationen

Element	Fraktion < 2mm (n=7)		Fraktion > 2mm (n=6)		SEHM u.a. (1989, n=110)
	Median	$x_{\min} - x_{\max}$	Median	$x_{\min} - x_{\max}$	
Sb	4,8	1,1-11	1,5	1,0-4,5	-
As	18	5,2-53	23	2-63	26
Pb	8,4	6,3-14	7,3	4,0-9,0	19
Cd	0,095	0,048-0,14	0,053	0,024-0,075	-
Cr	240	140-430	342	171-451	144
Ni	138	109-183	182	120-239	83
Co	35	32-37	45	37-50	38
Cu	55	14-113	50	48-57	70
Hg	0,12	0,054-0,32	0,032	< 0,01-0,076	< 0,01
Tl	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	-
Zn	116	97-133	171	125-212	151

Der hohe Elementgehalt **silikatisch oxidischer Eisenerze** wurde durch 3 Proben eines Schurfes dokumentiert. Oxidische Eisenerzhorizonte stellen Substratglieder im Substratinter- vall des oberen Ordoviziums dar, die im Bereich der SE-Flanke des Schwarzbürger Sattels häufiger ausstreichen, jedoch pedologisch keine Flächenrepräsentanz erreichen. Trotzdem befinden sich Ausstrichgebiete dieser Substrate unter landwirtschaftlicher Nutzung, so dass bei entsprechenden Bodenuntersuchungen erhebliche Schwermetallkonzentrationen festge- stellt werden können.

Da Eisenoxide wichtige Schwermetallsenken sind (LITZ u. a. 2005), wiesen die untersuchten Proben mit > 300 mg As/kg TS, >200 mg Cr/kg TS, > 500 mg Ni/kg TS und >300 mg Zn/kg TS Elementgehalte auf, die weit über Orientierungswerten für unbelastete Böden liegen.

In Tabelle 51 sind zusammenfassend für flächenmäßig bedeutungsvolle Substrate des Thüringer Schiefergebirges die Mediane und 90er Perzentile der Elementgehalte allgemein akzeptierten Richt- und Grenzwerten gegenübergestellt. Die Substrate weisen verglichen mit Substraten anderer Regionen bzw. stratigraphischer Einheiten leicht erhöhte Elementgehalte auf, liegen jedoch mit ihren Sb -, Pb -, Cd -, Co -, Hg - und Tl - Gehalten unter den zitierten Richt-/ Grenzwerten. Gehalte, die Ursache auch für Grenzwertüberschreitungen in Oberböden sein können, wurden für die Elemente Cr, Ni, Cu und Zn bei den metamorphen Gesteinen registriert, für das Element Cr bei den Grauwacken einschließlich Wechsellagerungen und die Elemente As, Cr, Ni, Co, Cu und Zn bei den Diabasen.

Aus der Literatur ist bekannt, dass in alten magmatischen Gesteinen und in Gesteinen der Kontaktmetamorphose mit erhöhten Spurenelementgehalten zu rechnen ist (BOWEN 1966, AUBERT & PINTA 1977, FISCHER 1987).

Tabelle 51: Elementgehalt (Median und 90er-Perzentil, ausreißerbereinigt) von Substraten des Thüringer Schiefergebirges und des Ruhlaer Kristallins (Fraktion < 2 mm) im Vergleich zu verschiedenen Richtwerten für unbelastete Böden

Gruppe		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
		mg/kg TS										
Tonschiefer (n=12)	Median.	1,3	12	18	0,077	94	45	20	39	0,070	0,47	108
	90er Perz.	2,9	17	30	0,21	125	55	29	67	0,15	0,78	154
Grauwacken und Wechselfolgen (n=12)	Median.	0,66	10	13	0,042	107	37	15	22	0,06	0,42	96
	90er Perz.	2,8	14	29	0,17	146	44	22	25	0,11	0,54	118
Diabase und Diabastuffe (n=7)	Median.	4,8	18	8,4	0,095	240	138	35	55	0,12	< 0,3	116
	90er Perz.	10	44	14	0,12	405	176	37	90	0,28	< 0,3	131
BMNUR ⁽¹⁾		-	-	100	1,5	100	70	8,0³⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾		-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Lehm

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z_0 für natürliche Böden

(3) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.7.2 Oberböden

Der Schwermetallgehalt der Oberböden aus Substraten des Thüringer Schiefergebirges bzw. des Ruhlaer Kristallins kann folgendermaßen charakterisiert werden (vgl. auch Tabelle 52):

- Die Sb - Konzentration der Oberböden ist gegenüber den durch die LABO (1995) für Oberböden aus Tonsteinen ausgewiesenen Gehalten erhöht.
- Der As - Gehalt unterschreitet in der Mehrzahl der Untersuchungen allgemein akzeptierte Richtwerte. Für die Böden aus Tonschiefern und Grauwacke-Tonschiefer-Wechselagerungen wurden vereinzelt erhöhte Werte registriert.
- Der Pb - Gehalt der Diabase ist niedrig. Auch im Falle der Tonschiefer und Grauwacken einschl. Wechselagerungen wurden keine Gehalte über den allgemein akzeptierten Richtwerten registriert. Der Pb-Gehalt der Quarzite ist leicht erhöht.
- Wenig auffällig sind die Cd-, Cu-, Hg und Tl - Gehalte. Allgemein akzeptierte Richtwerte werden beim Cd selbst durch Maximalwerte nicht und beim Cu bzw. Hg nur in seltenen Fällen erreicht. Die Vorsorgewerte der BBodSchV für die Bodenart Ton werden deutlich unterschritten.
- Der Cr-Gehalt ist in der Regel erhöht. Eine Ausnahme bilden die Oberböden aus Quarziten. Besonders hohe Cr-Gehalte wurden in den Oberböden aus Diabasen gefunden, sie überschreiten bereits im Mittel den in der BBodSchV ausgewiesenen Vorsorgewert für die Bodenart Ton um 100 %.
- Richt-/ Grenzwerte für Ni werden nur im Falle der Diabase wesentlich überschritten. Alle anderen Substrate weisen niedrige Ni-Gehalte unter den Vorsorgewerten der BBodSchV für die Bodenarten Lehm und Ton auf.
- Auch der Co-Gehalt der Böden aus Diabas ist erhöht, entspricht aber den von HAMILTON (1994) mitgeteilten Gehalten für Ergussgesteine.
- Der Zn - Gehalt der Oberböden des Thüringer Schiefergebirges bzw. Ruhlaer Kristallins ist mit Ausnahme der Quarzite leicht erhöht, liegt aber in der Regel unter dem in der BBodSchV für Ton veröffentlichten Vorsorgewert.

Tabelle 52: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden aus Substraten des Thüringer Schiefergebirges und des Ruhlaer Kristallins (ohne Nutzungsbezug, Fraktion < 2 mm, ausreißerbereinigt)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Tonschiefer (n= 23)											
Median	1,7	14	49	0,27	74	32	15	28	0,20	0,46	117
90er Perz.	2,5	22	68	0,45	113	46	21	49	0,27	0,66	157
x_{\min}	0,65	9,8	23	< 0,015	45	9,2	4,4	12	0,011	< 0,3	34
x_{\max}	2,8	24	72	0,52	144	61	26	62	0,39	0,78	243
Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer-Wechselfolgen (n= 11)											
Median	1,7	13	50	0,24	69	26	11	22	0,18	0,54	80
90er Perz.	2,7	20	73	0,33	93	35	15	32	0,31	0,62	159
x_{\min}	0,86	0,27	30	0,17	24	5,0	< 2	11	0,11	< 0,3	30
x_{\max}	3,0	25	86	0,36	134	48	21	48	0,31	0,70	175
Quarzite (n= 8)											
Median	3,8	12	90	0,15	32	7,3	2,6	11	0,30	0,37	34
90er Perz.	4,5	17	150	0,32	44	10	5,7	13	0,51	0,67	45
x_{\min}	1,9	3,5	35	0,036	4,5	3,9	< 2	5,2	0,047	< 0,3	18
x_{\max}	4,7	17	187	0,37	55	12	7,9	14	0,52	0,69	54
Diabase (n= 4)											
Median	1,8	9,0	33	0,36	207	98	30	46	0,26	0,35	168
90er Perz.	2,4	11	36	0,45	261	130	34	58	0,31	0,47	184
x_{\min}	1,2	5,5	31	0,22	137	66	27	29	0,11	< 0,3	163
x_{\max}	2,6	11	37	0,47	266	132	35	58	0,31	0,48	188
BMNUR ⁽¹⁾	-	-	100	1,5	100	70	8,0⁽⁴⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120
EIKM./KLOKE ⁽³⁾	-	20	100	1,0	50	40	-	50	0,5	0,5	150
LABO ⁽⁵⁾											
Tonsteine, Acker (n=79)											
Median	0,3	8,0	47	0,5	112	43	-	21	0,07	-	92
90er Perz.	0,6	10	61	1,1	133	74	-	27	0,14	-	121
Basalt, Acker (n= 136)											
Median	-	3,0	42	0,5	-	204	-	49	0,06	-	137
90er Perz.	-	5,0	49	0,8	-	339	-	71	0,10	-	168

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Lehm

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z_0 für natürliche Böden

(3) EIKMANN/ KLOKE (1991): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden, Bodenwert I - multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit

(4) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

(5) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1995): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden.

Ein Vergleich der Schwermetallgehalte der Oberböden mit denen des bodenbildenden Substrates zeigt, dass Cd, Pb und Hg sowie geringfügig As, Tl, Zn im Oberboden angereichert sind. Tabelle 53 enthält für die 11 beprobten Schürfe in Substraten des Thüringer Schiefergebirges die jeweiligen An-/ (Ab-)reicherungsfaktoren für den Oberboden. Die Gehalte der anthropogen weit verbreiteten Elemente Cd, Pb und Hg betragen etwa das 2- bis 3-fache des Ausgangsmaterials der Bodenbildung. Das Element Sb ist in seinem Gehalt nicht angereichert, für Cr, Ni, Co und Cu ergibt sich eine Abreicherung.

Tabelle 53: Anreicherungs-faktoren sowie arithmetisches Mittel für Schwermetalle und As (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten der Schürfe auf Substraten des Thüringer Schiefergebirges (n=15)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Arithm Mittel Oberboden	1,7	14,0	47	0,29	84	34	15	32	0,218	0,53	139
Arithm Mittel Substrat	1,7	11,0	18	0,083	99	46	20	43	0,096	0,44	108
Anreicherungs-faktor	1,0	1,3	2,7	3,5	0,8	0,7	0,8	0,8	2,3	1,2	1,3
BMNUR ⁽¹⁾ Ton	-	-	100	1,5	100	70	8,0²⁾	60	1,0	-	200
Lehm	-	-	70	1,0	60	50	8,0⁴⁾	40	0,5	-	150
Sand	-	-	40	0,4	30	15	-	20	0,1	-	60

(17)BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden

(18)BOWEN, H. J. M. (1979):Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.8 Schwermetall- und As-Gehalt von Basalten der Rhön

Die Böden auf Basalten und Basalttuffen, den jungtertiären basischen Vulkaniten der Rhön, schließen die Reihe der in Thüringen zu untersuchenden Böden und ihrer Ausgangssubstrate ab. Hinsichtlich ihrer Verbreitung besitzen sie eine untergeordnete Bedeutung. Deshalb wurden sie nur durch 3 Profilaufschlüsse erfasst. Eine Gruppierung nach Substraten im engeren Sinne erübrigt sich.

3.1.8.1 Substrate

In Tabelle 54 sind die ermittelten Elementkonzentrationen den von HINDEL & FLEIGE (1991) für Basalte gefundenen Gehalten und weiteren im Rahmen des Projektes betrachteten basischen Ergussgesteinen gegenübergestellt.

Die Basalte der Rhön entsprechen in ihrem Elementgehalt den von HINDEL & FLEIGE (1991) untersuchten Basalten und weisen eine ähnliche Schwermetallverteilung wie die Diabase/Diabastuffe des Thüringer Schiefergebirges auf (Ausnahme As, Hg, Sb). Hohe Cr-, Ni-, Co-, Cu- und Zn - Gehalte können Ursache für Richtwertüberschreitungen in daraus gebildeten Böden sein.

Tabelle 54: Elementgehalt (mg/kg TS) von Basalten der Rhön (Median, x_{\min} , x_{\max}) im Vergleich zu weiteren basischen Ergussgesteinen und den von HINDEL & FLEIGE (1991) (x_G , Vertrauensgrenze (95 %)) und für Diabase und Diabastuffe des Oberproterozoikum / Altpaläozoikum ermittelten Gehalten

Element	Basalte der Rhön (2 Schürfe) > 2mm	Diabase des Thüringer Schiefergebirges (3 Schürfe) > 2mm		Querenberg-Melaphyr > 2mm (3 Proben)	Hühnberg-Dolerit > 2mm (1 Probe)	SEHM Diabase (1989) n=110	HINDEL & FLEIGE (1991)	
	Median	Median	$x_{\min} - x_{\max}$	Median			x_G	V
Sb	0,16	1,5	1,0-4,5	0,38	0,070	-	< 0,3	-
As	0,54	23	2-63	3,3	2,2	26	2,6	1,6 - 4,3
Pb	< 2	7,3	4,0-9,0	12	17	19	31	26 - 37
Cd	0,082	0,053	0,024-0,075	0,019	0,074	-	< 0,3	-
Cr	337	342	171-451	19	150	144	317	253 - 398
Ni	210	182	120-239	8,2	54	83	207	154 - 278
Co	42	45	37-50	4,8	33	38	49	41 - 60
Cu	49	50	48-57	13	61	70	50	38 - 67
Hg	< 0,01	0,032	< 0,01-0,070	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,027	0,018 - 0,041
Tl	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,44	< 0,3	-	-	-
Zn	97	171	125-212	32	114	151	103	90 - 117

In Tabelle 55 sind die für zwei Schürfe ermittelten Elementgehalte von Basalten dem Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Ton und dem Zuordnungswert Z0 der LAGA (1997) gegenübergestellt. Die Konzentrationen der Elemente Sb, As, Pb, Cd, Hg und Tl sind vergleichsweise niedrig. Durch den Gehalt der Elemente Cr, Ni und Co werden demgegenüber die zitierten Richtwerte um ein Vielfaches überschritten. Auch die Elemente Cu und Zn können geogen bedingt zu erhöhten Gehalten in den Oberböden führen.

Tabelle 55: Elementgehalte von Basalten der Rhön (Fraktion > 2mm)

		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
		mg/kg TS										
Basalt	Schurf 12/1/5	0,19	0,56	< 2	0,081	219	113	41	41	< 0,01	< 0,3	122
	Schurf 13/1/5	0,14	0,49	< 2	0,084	454	306	44	56	< 0,01	< 0,3	72
BMNUR ⁽¹⁾		-	-	100	1,5	100	70	8,0⁽³⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾		-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Lehm

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z₀ für natürliche Böden

(3) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.1.8.2 Oberböden

In Tabelle 56 ist der Elementgehalt der untersuchten Oberböden aus Basalten der Rhön im Vergleich zu verschiedenen allgemein akzeptierten Richtwerten für unbelastete Böden dargestellt.

Die Oberböden weisen wie das Substrat, jedoch in abgeschwächter Form, hohe Cr-, Ni- und Co-Gehalte auf. Eine geogen bedingte Überschreitung der Richt-/Grenzwerte für weitgehend unbelastete Böden ist bei diesen Elementen nicht auszuschließen. Die erhöhten Cd-Konzentrationen sind nicht mit dem Substrat in Zusammenhang zu bringen. Die Ursache ist möglicherweise in lokal begrenzten Emissionen zu suchen (z. B. Einsatz spezieller Phosphordünger, vgl. auch WILCKE & DÖHLER 1995, DÄMMGEN u. a. 2000, CUPIT u. a. 2002, MANN u. a. 2002, SCHÜTZE u. a. 2003, WELP 2005), detaillierte Recherchen liegen dazu jedoch nicht vor.

Tabelle 56: Elementgehalte (mg/kg TS) von Oberböden (< 2 mm) aus Basalten der Rhön

Schurf	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
11/1/1 (Acker)	0,62	5,4	70	1,20	112	59	7,6	18	0,18	0,34	84
13/1/2 (Wald)	0,71	5,6	42	0,69	467	143	59,0	54	0,15	0,20	153
BMNUR ⁽¹⁾	-	-	100	1,5	100	70	8,0⁽⁴⁾	60	1,0	-	200
LAGA ⁽²⁾	-	20	100	0,6	50	40	-	40	0,3	0,5	120
EIKM./KLOKE ⁽³⁾	-	20	100	1,0	50	40	30	50	0,5	0,5	150

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden, hier: Bodenart Ton

(2) LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen, Technische Regeln. Zuordnungswert z_0 für natürliche Böden

(3) EIKMANN/ KLOKE (1993): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden, Bodenwert I - multifunktionelle Nutzungsmöglichkeit

(4) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

3.2 Datenbestände der TLL und Vorgängereinrichtungen

Zur Erarbeitung von Hintergrundwerten für Schwermetalle in Thüringer Böden wurden alle weiteren in Thüringen erhobenen Informationen zu Schwermetallgehalten von Böden ausgewertet. Wie in Kap. 2.2 (Tabelle 1) aufgeführt, betrifft dies insbesondere Arbeiten aus dem ehemaligen Institut für Pflanzenernährung u. Ökotoxikologie Jena und der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. Es handelt sich in allen Fällen um Oberböden unter landwirtschaftlicher Nutzung. Insgesamt kamen 8327 Datensätze zur Auswertung, von denen knapp 6000 geographisch und bodenkundlich zugeordnet werden konnten (vgl. Tabelle 57).

Die Anzahl der daraus resultierenden auswertbaren Flächen ergibt eine wiederum kleinere Anzahl, da gemäß Klärschlammverordnung der Schwermetallgehalt eines landwirtschaftlichen Schläges über Mischproben von 3 ha großen Teilflächen nachgewiesen werden muss. Da landwirtschaftliche Bewirtschaftungseinheiten in Thüringen oftmals deutlich größer als 3 ha sind, ergibt sich der Schwermetallgehalt einer geographisch zugeordneten Fläche somit in vielen Fällen aus dem Mittelwert mehrerer Einzelproben. Außerdem wurden die Schwermetallerhebungsuntersuchungen auf ein und derselben Fläche in zeitlichen Abständen wiederholt, so dass auch in diesem Fall für eine Fläche mehrere Datensätze existieren. Auf Grund dieser Tatsachen waren letztendlich 3059 Flächen für eine Auswertung verfügbar. Davon sind 352 Flächen bodenkundlich so inhomogen (Bewertungszahl 4, vgl. Kap. 2.2.1), dass sie nicht weiter betrachtet wurden. Somit verbleiben 2707 Flächen, die für Aufgabenstellung ausgewertet werden konnten.

Tabelle 57: Datenumfang der Projekte der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft bzw. des ehemaligen Institutes für Pflanzenernährung und Ökotoxikologie Jena

	Schwermetallgehalt von ausgewählten Bodenproben der systematischen Bodenuntersuchung	Bodenuntersuchung vor Klärschlammabbringung	Schwermetallerhebungsuntersuchungen	gesamt
Anzahl Datensätze, übergeben	1507	3899	2921	8327
Anzahl Datensätze mit geogr. Zuordnung	1148	3151	1641	5940
Anzahl Flächen mit geogr. und bodenkundl. Zuordnung	1148	454	1457	3059
ungeeignet (BW 4)	240	80	32	352
geeignete Flächen	908	374	1425	2707

Das Datenmaterial wurde unter stratigraphischen und petrographischen Gesichtspunkten getrennt für jedes Projekt in die über die Auswertung der Profilaufschlüsse einschließlich der Ergänzungsuntersuchungen gewonnenen und in Tabelle 58 aufgeführten 9 Substratgruppen unterteilt. Tabelle 59 gibt Auskunft, in welche dieser Substratgruppen die durch RAU u.a. (1995) definierten bodenkundlichen Einheiten Eingang fanden. War eine Fläche durch mehrere bodenkundliche Einheiten geprägt, fand die bodenkundliche Einheit mit dem prozentual höchsten Flächenanteil für die Gruppierung Berücksichtigung. So konnten alle Proben zugeordnet werden. Am häufigsten vertreten sind die typischen Ackerstandorte der löß-beeinflussten Becken und Lößbörden und der mesozoischen Berg- und Hügelländer (vgl. Tabelle 58). Eine große Anzahl von Flächen war außerdem in Terrassenebenen und Talauen zu finden, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit jedoch nicht betrachtet wurden. In Tabelle 58 ist zusammenfassend dargestellt, mit welcher Probenzahl die einzelnen Projekte in die betrachteten Substratgruppen Eingang fanden und durch welche Anzahl an Oberböden die Substratgruppen damit insgesamt vertreten sind.

Die statistische Bearbeitung des gruppierten Datenmaterials erfolgte in einem ersten Schritt getrennt nach Projekten analog der in Kapitel 2.5 geschilderten Vorgehensweise. Nach einem Ausreißertest wurden für jede Gruppe die statistischen Parameter arithmetisches Mittel, Median, Standardabweichung, Dispersion, Minimum, Maximum und verschiedene Perzentilwerte der Spurenelementgehalte berechnet. In Tabelle 60 und 59 sind getrennt für die einzelnen Projekte Median und 90er Perzentilwert der Spurenelementgehalte der Oberböden für die einzelnen Substratgruppen gegenübergestellt. Es ist zu beachten, dass in dieser Tabelle unberücksichtigt bleibt, dass durch die gewählten Aufschlussverfahren (Königswasser bzw. HNO_3) Spurenelemente nicht im selben Umfang erfasst werden, wie durch den im Rahmen des Hauptprojektes angewendeten „Gesamtaufschluss“ mittels Flusssäure. Das betrifft im Falle des Königswassers die Elemente Pb, Cr, (Co) und Zn und im Falle der HNO_3 die Elemente Pb, Cr, Ni, Co, Cu und Zn.

Trotzdem ist zwischen den Projekten eine gute Übereinstimmung in den Elementgehalten zu verzeichnen (Tabelle 60, Tabelle 61). Selbst geringe Konzentrationsunterschiede werden durch Auswertung der „Altdaten“ nachvollzogen. Die Übereinstimmung verbessert sich noch, wenn die Ergebnisse zusammengefasst und hinsichtlich des Aufschlussverfahrens „normiert“ dargestellt werden (Tabelle 62, Tabelle 63). Zur „Normierung“ der Aufschlussverfahren kamen die in den letzten beiden Zeilen der Tabelle 62 und Tabelle 63 aufgeführten Quotienten zur Anwendung. Sie sind das Ergebnis von Methodenvergleichen, die durch das ehemalige IPE Jena (1986) (HNO_3 zu Gesamtaufschluss) für landwirtschaftlich genutzter Böden Ostdeutschlands und im Rahmen des Projektes „Schwermetallgehalte Thüringer Böden“ (Königswasser zu Gesamtaufschluss, TMLNU 1993-1995) für Thüringer Böden durchgeführt wurden. Mit Ausnahme des Ni ist eine gute Übereinstimmung der Quotienten für Königswas-

ser / Gesamtaufschluss zur Veröffentlichung der LABO (1998) festzustellen. Für Ni finden HORNURG und LUER (1999) wie in Thüringen festgestellt ebenfalls Extraktionsausbeuten > 90 %.

Besonders gut war die Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Projekte in den mit relativ hohen Probenzahlen belegten Substratgruppen der Lößstandorte und mesozoischen Sedimente. Die Unterschiede im Cd- und Hg-Gehalt sind möglicherweise analytischer Natur, da es sich im Falle dieser Elemente, insbesondere bei den „Altdaten“, oftmals um ein Messen an der Nachweisgrenze des Verfahrens handelt. Probleme in der „Passfähigkeit“ der Ergebnisse der verschiedenen Projekte ergaben sich lediglich für den Zechstein (Pb) und das Thüringer Schiefergebirge (Cr). Neben der geringen Probenzahl aus den Profilaufschlüssen kann hier auch die Heterogenität dieses Ausgangsmaterials für die Bodenbildung eine Rolle spielen.

Tabelle 58: Proben- bzw. Flächenbelegung der zusammengefassten Substratgruppen in den einzelnen Projekten

Nr.	Ausgangssubstrat der Bodenbildung	Zusammengefasste Substratgruppen	TMLNU* (Gesamtg.)	AbfKlärV (Königsw.)	Erheb. (Königsw.)	SysBU (HNO ₃)	gesamt
1	Löß	Löß	89	133	375	312	909
2	Tonsteine, Tone, Tonmergel des k (einschl. Kolluvien und Schutt)	Keupersubstrate (ohne Gips)	56	42	135	109	342
3	Kalksteine des k						
4	Sandsteine des k						
5	Mergel des k						
6	Gipse des k, so, z	Gipse des k, so, z	5	-	-	-	5
7	Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo		27	45	49	82	203
8	Kalksteine, Mergelsteine, Do- lomite des mm	Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	33	6	23	29	91
9	Kalksteine des mu						
10	Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so		27	10	22	16	75
11	Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s		55	49	199	159	462
12	Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des z	Substrate des Zechstein	19	11	20	5	55
13	Kalksteine, Dolomite des z						
14	Sand-, Ton- und Schluffsteine des r	Thüringer Wald (Rotliegendesedimente, Porphyre, Porphyrite, Porphyrtuffe, Granit, Gneise, phyll. Tonschiefer, kon- taktmetam. Tonsch.)	64	-	3	5	72
15	Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe des r						
16	Granit						
17	Gneise, phyllitische Tonschie- fer, kontaktmetamorphe Ton- schiefer						
18	Tonschiefer	Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	34	30	136	96	296
19	Grauwacken und Grauwacken- Tonschiefer Wechselfolgen						
20	Quarzite		8	-	-	-	8
21	Diabase, Diabastuffe		4	-	-	-	4
22	Kalksteine des S und D		5	-	-	-	5
23	Kieselschiefer		8	-	-	-	8
24	Basalte der Rhön		3	-	-	1	4
	sonstiges		-	48	436	94	605
	gesamt:		437	374	1425	908	3144

* Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen

Tabelle 59: Zuordnung der bodenkundlichen Haupteinheiten Thüringens in die Substratgruppen aus dem Schwermetallprojekt

Stratigraphische Einheit	Bodenkundliche Haupteinheit	Gruppenzuordnung im Schwermetallprojekt
Jungpräkambrisch - Altpaläozoische Substrate (Proterozoikum - Unterkarbon)	lg1, lg2, lg3, lg4, lg5;	18, 19 Substrate Thüringer Schiefergebirge Tonschiefer; Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechselfolgen
Jungpaläozoische Substrate (Oberkarbon - Unterperm)	r1, r2, g1, p1;	14...17 Substrate Thüringer Wald Sand-, Ton-, Schluffsteine u. Porphyre... des Rotliegenden; Granit, Gneise; phyllitische und kontaktmetamorphe Tonschiefer
Jungpaläozoisch - Mesozoische Substrate (Oberperm - Trias)	k1, k2, s4, t1, t1h, t2; tk, tkg; k4, k5; t3, t3g, (t4); s1, s2, s3; k3, k3g, (k4), t4;	2...5 Substrate des Keuper (ohne Gips) 7 Tonst., Ton(mergel) u. ton. Schuttdecken des Ob. Muschelkalk 8, 9 Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des Muschelkalk 10 Tonst., (Ton-)Mergel, und ton. Fließerd. des Ob. Buntsandstein 11 Sandst. u. tonig-sandige Wechself. d. Unt./Mittl. Buntsandstein 12,13 Substrate des Zechstein (ohne Gips) k4: nur im Bezirk Gera, sonst 8, 9 t4: auch 10 (SMERheb)
Altkänozoische Substrate (Tertiär - Quartär: Pleistozän)		
Basische Eruptiva	b1;	Basalte der Rhön
Tertiäre Kiese u. Quartäre Terrassensedimente	ds1, ds2, ds3, ds31, ds32, ds4, ds5, ds6;	<i>Tertiäre Kiese u. Quartäre Terrassensedimente (extra)</i>
Geschiebemergel	dm2;	2...5 (SysBU); Substrat m o. k (SMERheb)
Lösse und Lößumlagerungen	llö, lö, lö1, lö2, lö3, lö4, lö5, lö6, lö6s, lö7; lglö; sö;	1 Löß und Lößderivate <i>Hanglehm, lößartig (extra)</i> <i>Sandlöß (extra)</i>
Jungkänozoische Substrate (Quartär: Holozän)		
Auensedimente und Feuchtgebiete	h1a, h1g, h21, h22, h2l, h2s, h2t, h31, h32, h3l, h3s, h3t, h4, h4t, h5, hk, hsl	<i>Auensedimente und Feuchtgebiete (extra)</i>

Schlüssel der Bodenkundlichen Einheit gemäß "Die Leitbodenformen Thüringens", Beiheft 3, Thüringer Landesanstalt für Geologie, Weimar 1995;
"extra" ausgewiesene Gruppen im Schwermetallprojekt unbelegt.

Tabelle 60: Vergleich der Medianwerte für Schwermetalle und As in Oberböden der Projekte Bodenuntersuchung gemäß Klärschlammverordnung (AbfKlärV, Königswasser), Schwermetallerhebungsuntersuchungen (SMErheb, Königswasser), Systematische Bodenuntersuchung (SysBU, HNO₃) und Profilaufschlüsse (TMLNU, Gesamtaufschluss)

Nr.	Substratgruppe	n (Urdaten)		Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Zn
				mg/kg TS							
1	Löß	124	AbfKlärV	22	0,20	20	19	-	16	0,086	52
		375	SMErheb	24	0,20	28	25	-	19	0,070	61
		312	SysBU	19	0,10	16	17	5,1	13	0,075	42
		60	TMLNU	26	0,20	44	20	11	16	0,074	58
2-5	Keuper (ohne Gips)	42	AbfKlärV	24	0,28	32	33	-	24	0,089	64
		135	SMErheb	25	0,20	33	34	-	24	0,070	68
		109	SysBU	20	0,28	19	25	7,0	17	0,075	50
		49	TMLNU	26	0,17	58	40	12	25	0,061	69
7	Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	45	AbfKlärV	27	0,27	38	41	-	24	0,082	63
		49	SMErheb	27	0,10	42	44	-	25	0,070	67
		82	SysBU	25	0,30	23	32	8,3	16	0,085	53
		18	TMLNU	24	0,16	78	52	15	28	0,058	76
8+9	Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	6	AbfKlärV	35	0,21	31	30	-	22	0,075	78
		23	SMErheb	34	0,40	32	26	-	20	0,10	61
		29	SysBU	29	0,34	19	19	4,7	11	0,090	55
		17	TMLNU	35	0,37	49	30	11	21	0,068	99
10	Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	10	AbfKlärV	22	0,24	33	27	-	22	0,072	69
		22	SMErheb	25	0,10	33	25	-	21	0,078	70
		16	SysBU	20	0,24	21	21	6,9	14	0,050	55
		18	TMLNU	22	0,19	58	32	11	21	0,068	67
11	Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s	49	AbfKlärV	17	0,18	15	10	-	7,7	0,067	39
		199	SMErheb	21	0,090	16	10	-	12	0,080	44
		159	SysBU	15	0,10	8,3	5,4	1,9	7,6	0,070	28
		29	TMLNU	27	0,14	19	5,9	3,9	9,6	0,066	35
12+ 13	Zechstein	11	AbfKlärV	43	0,41	25	24	-	23	0,10	70
		20	SMErheb	68	0,25	41	28	-	35	0,11	155
		5	SysBU	39	0,29	11	20	6,5	12	0,090	51
		10	TMLNU	32	0,30	46	30	13	31	0,041	110
18+ 19	Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	30	AbfKlärV	37	0,25	20	24	-	19	0,18	104
		136	SMErheb	40	0,090	30	30	-	23	0,14	110
		96	SysBU	31	0,20	21	21	11	17	0,13	74
		22	TMLNU	46	0,30	74	32	16	28	0,18	126

Tabelle 61: Vergleich der 90er Perzentilwerte der Schwermetall- und As-Gehalte von Oberböden der Projekte Bodenuntersuchung gemäß Klärschlammverordnung (AbfKlärV, Königswasser), Schwermetallerhebungsuntersuchungen (SMErheb, Königswasser), Systematische Bodenuntersuchung (SysBU, HNO₃) und Profilaufschlüsse (TMLNU, Gesamtaufschluss, Ackernutzung)

Nr.	Substratgruppe	n (Urdaten)		Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Zn
mg/kg TS											
1	Löß	124	AbfKlärV	26	0,30	31	30	-	23	0,12	60
		375	SMErheb	30	0,30	36	36	-	27	0,11	87
		312	SysBU	24	0,34	21	24	8,4	18	0,10	52
		60	TMLNU	33	0,26	60	27	-	22	0,090	81
2-5	Keuper (ohne Gips)	42	AbfKlärV	28	0,45	47	49	-	31	0,11	82
		135	SMErheb	36	0,40	44	51	-	32	0,12	87
		109	SysBU	26	0,65	25	36	11	24	0,13	61
		49	TMLNU	41	0,25	76	53	16	35	0,088	106
7	Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	45	AbfKlärV	36	0,40	53	57	-	34	0,10	72
		49	SMErheb	37	0,10	49	69	-	34	0,090	81
		82	SysBU	32	0,55	35	49	12	26	0,12	70
		18	TMLNU	41	0,34	106	63	16	39	0,11	111
8+ 9	Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	6	AbfKlärV	45	0,30	42	33	-	23	0,079	94
		23	SMErheb	78	0,48	42	36	-	31	0,16	100
		29	SysBU	43	0,52	28	31	10	19	0,11	72
		17	TMLNU	49	0,47	65	37	14	28	0,095	129
10	Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	10	AbfKlärV	28	0,38	42	32	-	23	0,086	80
		22	SMErheb	31	0,20	45	34	-	29	0,14	105
		16	SysBU	24	0,68	27	28	8,1	16	0,050	63
		18	TMLNU	28	0,23	81	48	15	34	0,11	94
11	Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s	49	AbfKlärV	23	0,23	20	20	-	17	0,091	54
		199	SMErheb	28	0,10	28	20	-	24	0,13	68
		159	SysBU	21	0,27	14	13	5,5	13	0,081	46
		29	TMLNU	31	0,24	40	11	9,2	17	0,083	55
12+ 13	Zechstein	11	AbfKlärV	70	0,84	30	29	-	29	0,18	79
		20	SMErheb	111	0,40	54	37	-	45	0,17	232
		5	SysBU	108	0,72	15	22	7,2	19	0,098	61
		10	TMLNU	45	0,46	69	38	18	35	0,072	137
14- 17	Thüringer Wald (Rotliegendesedimente, Porphyre, Porphyrite, Porphyrtuffe, Granit, Gneise, phyll. Tonschiefer, kontaktmetam. Tonsch.)	-	AbfKlärV	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	SMErheb	40	0,20	25	7,0	-	17	0,14	104
		5	SysBU	84	0,67	21	13	4,1	12	1,38	125
		23	TMLNU	83	0,47	93	33	15	26	0,25	165
18+ 19	Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	-	AbfKlärV	46	0,32	28	30	-	24	0,25	128
		136	SMErheb	62	0,10	46	37	-	32	0,21	150
		96	SysBU	43	0,50	27	28	15	23	0,15	96
		22	TMLNU	68	0,48	103	45	21	35	0,24	157

Tabelle 62: Vergleich der Medianwerte der Schwermetall- und As-Gehalte von Oberböden der Projekte IPE / TLL (zusammengefasst, umgerechnet auf Gesamtaufschluss) und Profilaufschlüsse (TMLNU, Ackernutzung, Gesamtaufschluss)

Nr.	Substratgruppe	n (Urdaten)		Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Zn
1	Löß	811	IPE/TLL	24	0,18	40	27	10	17	0,075	58
		60	TMLNU	26	0,20	44	20	11	16	0,074	58
2-5	Keuper (ohne Gips)	286	IPE/TLL	26	0,20	48	43	14	22	0,080	68
		49	TMLNU	26	0,17	58	40	12	25	0,061	69
7	Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	176	IPE/TLL	29	0,25	60	50	17	23	0,080	70
		18	TMLNU	24	0,16	78	52	15	28	0,058	76
8+9	Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	58	IPE/TLL	33	0,34	46	30	9,5	16	0,090	72
		17	TMLNU	35	0,37	49	30	11	21	0,068	99
10	Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	48	IPE/TLL	24	0,19	53	32	14	18	0,070	71
		18	TMLNU	22	0,19	58	32	11	21	0,068	67
11	Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen d. s	407	IPE/TLL	19	0,10	23	10	3,7	10	0,080	42
		29	TMLNU	27	0,14	19	5,9	3,9	9,6	0,066	35
12+ 13	Zechstein	36	IPE/TLL	58	0,30	48	28	13	28	0,10	122
		10	TMLNU	32	0,30	46	30	13	31	0,041	110
18+ 19	Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	262	IPE/TLL	39	0,19	47	31	21	21	0,14	108
		22	TMLNU	46	0,30	74	32	16	28	0,18	126
	Quotient KW / Gesamtg.			0,9	1	0,6	1	-	1	1	0,9
	Quotient HNO ₃ / Gesamtg.			0,9	1	0,45	0,5	0,5	0,9	1	0,8

Tabelle 63: Vergleich der 90er Perzentilwerte der Schwermetall- und As-Gehalte von Oberböden der Projekte IPE / TLL (zusammengefasst, umgerechnet auf Gesamtgehalte) und Profilaufschlüsse (TMLNU, Gesamtaufschluss)

Nr.	Substratgruppe	n (Urdaten)		Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Zn
				mg/kg TS							
1	Löß	811	IPE/TLL	31	0,38	57	41	17	24	0,12	81
		60	TMLNU	33	0,26	60	27	14	22	0,090	81
2-5	Keuper (ohne Gips)	286	IPE/TLL	35	0,40	70	65	22	30	0,13	92
		49	TMLNU	41	0,25	76	53	16	35	0,088	106
7	Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	176	IPE/TLL	39	0,60	83	79	24	33	0,12	88
		18	TMLNU	41	0,34	106	63	16	39	0,11	111
8+9	Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	58	IPE/TLL	51	0,50	68	43	20	29	0,12	99
		17	TMLNU	49	0,47	65	37	14	28	0,095	129
10	Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	48	IPE/TLL	32	0,39	68	48	16	27	0,11	95
		18	TMLNU	28	0,23	81	48	15	34	0,11	94
11	Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen d. s	407	IPE/TLL	28	0,27	41	21	11	19	0,12	64
		29	TMLNU	31	0,24	40	11	9,0	17	0,083	55
12+ 13	Zechstein	36	IPE/TLL	119	0,40	86	38	14	42	0,18	241
		10	TMLNU	45	0,46	69	38	18	35	0,072	137
18+ 19	Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	262	IPE/TLL	57	0,40	67	31	31	29	0,22	154
		22	TMLNU	68	0,48	103	45	21	35	0,24	157
	Quotient KW / Gesamtg.			0,9	1	0,6	1	-	1	1	0,9
	Quotient HNO ₃ / Gesamtg.			0,9	1	0,45	0,5	0,5	0,9	1	0,8

4 Ableitung der Hintergrundwerte

4.1 Normwertdefinitionen gemäß LABO

Nach LABO (1998) werden geogene Grundgehalte / Hintergrundgehalte / Hintergrundwerte wie folgt definiert:

Der **geogene Grundgehalt** umfasst den Stoffbestand eines Bodens, der sich aus dem Ausgangsgestein (lithogener Anteil), ggf. Vererzungen (chalkogener Anteil) und der durch pedogenetische Prozesse beeinflussten Umverteilung (Anreicherung und Verarmung) von Stoffen im Boden ergibt.

Chalkogene Anteile können punktuell oder flächenhaft zu einem deutlichen Anstieg der regionalen geogenen Grundgehalte führen. Sie liegen dann vor, wenn erzführende Gänge oder Gesteine, die nicht bergmännisch abgebaut werden oder wurden (= anthropogene Komponente), oberflächennah anstehen und durch Verwitterung (in situ) oder Erosion und Umlagerung (z.B. in Talauen) unmittelbar zur Pedogenese beitragen.

Der **Hintergrundgehalt** eines Bodens setzt sich zusammen aus dem geogenen Grundgehalt eines Bodens und der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden.

Die Formulierung „ubiquitär/diffus“ grenzt den Hintergrundgehalt von solchen Istgehalten ab, die durch punktuell hohe Stoffeinträge (punktueller Emittenteneinfluß, Altlasten) gegenüber den Hintergrundgehalten deutlich erhöht sind. Sie unterstellt damit, dass der bezeichnete Hintergrundgehalt typisch bzw. repräsentativ für bestimmte Böden, Gebiete und auch Nutzungen ist und nicht durch punktuell hohe (geogene, chalkogene und / oder anthropogene, z.B. bewirtschaftungsbedingte) Werte „herbeigemittelt“ wird.

Hintergrundwerte sind repräsentative Werte für allgemein verbreitete Hintergrundgehalte eines Stoffes oder einer Stoffgruppe in Böden.

Hintergrundwerte für Böden beruhen auf den ermittelten Hintergrundgehalten und bezeichnen unter Angabe der statistischen Kenngrößen und der Differenzierung hinsichtlich der Bodeneigenschaften und Standortverhältnisse sowie der Bezugsgröße Nutzung und Gebietstyp die repräsentativen Stoffkonzentrationen in Böden.

Hauptziel der vorliegenden Arbeit ist es, Schwermetallhintergrundwerte für Thüringer Oberböden zu definieren. Gleichzeitig ist die Kenntnis der geogenen Grundgehalte erforderlich, welche in Kapitel 4.3 zusammenfassend dargestellt sind.

4.2 Vorsorgewerte

Der Boden zählt neben Luft und Wasser zu den natürlichen und unverzichtbaren Lebensgrundlagen für Menschen, Tiere und Pflanzen. Als Pflanzenstandort dient er direkt und indirekt der Ernährung von Tier und Mensch und beeinflusst somit u. a. den Schadstofftransfer in die Nahrungskette. Paragraph 2 des BBodSchG (BMNUR 1998) fasst die Funktionen, welche einem Boden obliegen (können) wie folgt zusammen:

1. natürliche Funktionen als

- Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
- Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
- Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,

2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

sowie

3. Nutzungsfunktionen als Rohstofflagerstätte, Fläche für Siedlung und Erholung, Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung sowie für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

Von einer Beeinträchtigung der Bodenfunktion wird gesprochen, wenn ein Schadstoff diese Funktionen nachhaltig stört und es in Folge möglicherweise zu einem nicht tolerierbaren Austrag in andere Umweltkompartimente (Pflanze, Fauna, Grundwasser, Luft etc.) kommt. Um intakte Böden vor künftigen Einwirkungen zu schützen, wurden im Rahmen des BBodSchG (BMNUR 1998) Bodenwerte zur Beurteilung von aufgrund künftiger Einwirkungen zu besorgender Belastungen – Vorsorgewerte – definiert. Vorsorgewerte sind Bodenwerte, bei deren Überschreiten in der Regel davon auszugehen ist, dass das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung zu besorgen ist. Die Besorgnis ist nach den Maßstäben des BBodSchG (BMNUR 1998) gegeben, wenn wegen der räumlichen, langfristigen oder komplexen Auswirkungen der Nutzung oder Maßnahme nachteilige Auswirkungen auf die oben genannten Bodenfunktionen zu erwarten sind. Im Zusammenhang mit den Anforderungen

der Vorsorge können auch Werte über eine zulässige Zusatzbelastung des Bodens festgelegt werden.

Vorsorgewerte wurden vom Stoffgehalt natürlicher Böden abgeleitet und derart bemessen, dass mindestens 90 % der natürlichen Böden Stoffgehalte unterhalb dieser Vorsorgewerte aufweisen. Bei ihrer Ableitung wurde sichergestellt, dass

1. ökotoxikologische Wirkungsschwellen nicht überschritten werden,
 2. bei diesem Konzentrationsniveau keine Anhaltspunkte für unerwünschte oder schädliche Auswirkungen auf Pflanzen und Belastungen des Grundwassers zu besorgen sind sowie ein hinreichend deutlicher Abstand zu den für den Pfad Boden / Mensch vorgeschlagenen Prüfwerten besteht
- und
3. die so erhaltenen Konzentrationen mit repräsentativen Boden-Hintergrundgehalten abgeglichen worden sind (BACHMANN 1997).

Da Böden ubiquitär mit anthropogenen Schadstoffen kontaminiert sind, die von den natürlichen Stoffgehalten nur schwer zu differenzieren sind, umfassen Vorsorgewerte die Stoffgehalte natürlicher Böden einschließlich einer allgegenwärtigen anthropogenen Komponente.

Im Konzept zur Ableitung der Vorsorgewerte wird auf eine Differenzierung nach Nutzungen, Schutzgütern und relevanten Wirkungspfaden verzichtet, da der vorsorgende Bodenschutz eine vielfältige Nutzbarkeit der Böden entsprechend ihrer pedogenetisch-petrographischen Eigenschaften zum Ziel hat. Sie werden aus diesem Grund anhand natürlicher Bodeneigenschaften – im Falle der Schwermetalle anhand der Bodenartenhauptgruppen unter Einbeziehung des pH-Wertes – differenziert. Für landwirtschaftlich genutzte Böden bedeutet eine Einhaltung der Vorsorgewerte, dass keine negativen Auswirkungen auf die Funktion der Böden als Regulator des Stoffhaushaltes, als Lebensraum für Mikro- und Mesofauna sowie -flora und als Filter für das Sickerwasser und die Grundwasserneubildung zu erwarten sind.

Tabelle 64 und Tabelle 65 zeigen, in welchem Maße Thüringer Oberböden die in Anhang 2 der BBodSchV (BMNUR 1999) festgesetzten Vorsorgewerte für Böden ausschöpfen. Die Tabellen veranschaulichen, dass insbesondere die anthropogen weit verbreiteten Elemente Cd und Hg sowie in abgeschwächter Form auch Pb diese Werte deutlich unterschreiten. So liegen beispielsweise die medianen Cd-Gehalte zwischen 10 % und 35 % (Tabelle 12) der anzuwendenden Vorsorgewerte. Ausschöpfungsgrade größer 20 % findet man nur in den bereits vom Ausgangsmaterial der Bodenbildung her stärker mit Cd ausgestatteten kalkreichen Böden des Muschelkalk und in den Böden von Thüringer Wald und Schiefergebirge.

Höher ist der Ausschöpfungsgrad der geogen stark vertretenen Elemente Cr, Ni, Cu und Zn. Deren medianer Gehalt in Thüringer Oberböden ist in der Regel größer als 50 % der anzuwendenden Vorsorgewerte (Tabelle 64), was zu Folge hat, dass bei ausgewählten Substra-

ten Überschreitungen der Vorsorgewerte, teilweise bereits durch das 90er Perzentil (vgl. Tabelle 65), zu beobachten sind. Allerdings ist zu beachten, dass der vorliegenden Arbeit Gesamtgehalte zu Grunde liegen, während die Vorsorgewerte auf Königswassergehalten basieren. Mittlere Anreicherungsfaktoren (vgl. Tabelle 66) zwischen 0,9 (Cr, Ni) und 1,2 (Zn) verdeutlichen, dass bei diesen Elementen die anthropogene Komponente eine untergeordnete Rolle spielt.

Tabelle 64: Ausschöpfung der Vorsorgewerte der BBodSchV (BMNUR 1999) durch die medianen Schwermetall- und As-Gehalte Thüringer Oberböden

	n	Pb	Cd	Cr	Ni	Cu	Hg	Zn	Vergl. zu Vorsorgewert
Löß	885	34%	19%	67%	52%	43%	15%	39%	Lehm
Keuper (ohne Gips)	341	26%	13%	51%	57%	37%	7%	34%	Ton
Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	201	29%	15%	62%	71%	40%	8%	35%	Ton
Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	81	51%	35%	78%	60%	50%	16%	51%	Lehm
Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	75	24%	13%	53%	44%	32%	7%	35%	Ton
Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s	444	29%	10%	38%	20%	25%	14%	27%	Lehm
Zechstein	53	48%	20%	46%	37%	47%	10%	65%	Ton
Thüringer Wald (Rotliegendesedimente, Porphyre, Porphyrite, Porphyrtuffe, Granit, Gneise, phyll. Tonschiefer, kontaktmetam. Tonsch.)	31	74%	27%	67%	36%	33%	28%	64%	Lehm
Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	288	74%	27%	67%	36%	33%	28%	64%	Lehm
Vorsorgewerte für Metalle in Böden (BBodSchV 1999)									
Bodenart Ton		100	1,5	100	70	60	1	200	
Bodenart Lehm		70	1	60	50	40	0,5	150	
Bodenart Sand		40	0,4	30	15	20	0,1	60	

Tabelle 65: Ausschöpfung der Vorsorgewerte der BBodSchV (BMNUR 1999) durch die medianen Schwermetall- und As-Gehalte Thüringer Oberböden

	n	Pb	Cd	Cr	Ni	Cu	Hg	Zn	Vergl. zu Vorsorgewert
Löß	885	46%	35%	97%	82%	60%	22%	54%	Lehm
Keuper (ohne Gips)	341	35%	27%	72%	87%	50%	11%	47%	Ton
Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	201	40%	35%	85%	106%	57%	12%	45%	Ton
Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	81	77%	50%	113%	80%	73%	22%	79%	Lehm
Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	75	34%	23%	69%	69%	48%	11%	48%	Ton
Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s	444	43%	23%	68%	42%	48%	22%	42%	Lehm
Zechstein	53	98%	29%	83%	56%	70%	16%	118%	Ton
Thüringer Wald (Rotliegendesedimente, Porphyre, Porphyrite, Porphyrtuffe, Granit, Gneise, phyll. Tonschiefer, kontaktmetam. Tonsch.)	31	124%	46%	113%	62%	63%	48%	111%	Lehm
Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	288	83%	41%	122%	96%	75%	44%	104%	Lehm
Vorsorgewerte für Metalle in Böden (BBodSchV 1999)									
Bodenart Ton		100	1,5	100	70	60	1	200	
Bodenart Lehm		70	1	60	50	40	0,5	150	
Bodenart Sand		40	0,4	30	15	20	0,1	60	

Tabelle 66: Schwermetall- und As-Gehalte (mg/kg TS) von Oberböden und Substraten sowie Anreicherungsfaktoren für Thüringer Bodenprofile (n=114)

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Arithm Mittel Oberboden	0,87	9,1	41	0,22	55	30	12	21	0,10	0,52	87
Arithm Mittel Substrat	0,62	7,3	14	0,09	58	33	12	19	0,035	0,48	63
Anreicherungsfaktor	1,4	1,2	2,9	2,6	1,0	0,9	1,0	1,18	2,9	1,1	1,4
BMNUR ⁽¹⁾ Ton	-	-	100	1,5	100	70	8,0²⁾	60	1,0	-	200
Lehm	-	-	70	1,0	60	50	8,0⁴⁾	40	0,5	-	150
Sand	-	-	40	0,4	30	15	-	20	0,1	-	60

(1) BMNUR (1999): Vorsorgewerte für Metalle in Böden

(2) BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, New York

Am Beispiel der Elemente Cd, Pb und Zn soll dargestellt werden, in welcher Relation der gegenwärtig stattfindende Ein- und Austrag im Vergleich zu den Einträgen der Vergangenheit bzw. zu den eine Grenze der „Schadlosigkeit“ markierenden Vorsorgewerten der BBodSchV (BMNUR 1999) steht. Das Element Cd wurde gewählt, da es von besonderer toxikologischer Relevanz, relativ mobil und geogen nur gering vertreten ist. Pb hingegen ist bei einer ebenfalls hohen Toxizität relativ fest an den Bodenbestandteilen gebunden und Zn, ein essentielles Element, ist bereits geogen sehr stark vertreten.

Die Differenz zwischen dem mittleren Cd-Gehalt im Oberboden und im bodenbildenden Substrat beträgt für die bei der Berechnung der Anreicherungsfaktoren verwendeten 114 Thüringer Bodenprofile 0,13 mg Cd/kg TS (Tabelle 66). Unterstellt man, dass diese Differenz das Bilanzergebnis der letzten etwa 150 Jahre ist und die obere bearbeitete Bodenschicht von 30 cm (mit einer Dichte von 1,5 g/cm³) betrifft, so ergibt sich eine mittlere jährliche Cd-Anreicherung von 3,9 g/ha. Die von WILCKE und DÖHLER 1995 für die Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland geschätzte Cd-„Vorratsänderung“ liegt mit 3,6 g/ha·a (Tabelle 67) in eben dieser Größenordnung. Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) geht aktuell von einem Cd-Bilanzsaldo auf landwirtschaftlich genutzten Flächen je nach Betriebsart von ca. 0,6 ... 1,8 g/ha·a aus (KTBL 2005, Tabelle 67).

Für Pb ist die „historische“ Anreicherung deutlich höher, als in aktuellen Salden ausgewiesen. Bei einer Differenz von 27 mg Pb/kg TS zwischen Oberboden und Substrat (Tabelle 66) errechnet sich unter den selben Voraussetzungen wie beim Element Cd eine mittlere jährliche Erhöhung des Pb-Gehaltes von 810 g/ha. Dieser sehr hohe Saldo für das Element Pb ist unter anderem auf die Pb-Emissionen des Kraftverkehrs zurückzuführen. AUERMANN und BÖRTITZ (1977) ermittelten für das Chemnitzer Stadtgebiet beispielsweise Pb-Depositionen in einer Größenordnung von 80 – 800 g/ha·a. Das erklärt allerdings noch nicht die für Standorte des ländlichen Raumes festgestellte Blei-Anreicherung. Eine größere Rolle spielen hier mit hoher Wahrscheinlichkeit die Emissionen von Pb-haltigen Stäuben der im Thüringer Wald engmaschig angesiedelten Glasindustrie. EINAX und KRIEG (1995) fanden in Böden aus dem Umfeld eines glasverarbeitenden Betriebes um das 50fache gegenüber geogenen Grundgehalten erhöhte Pb-Konzentrationen. Der mittlere Pb-Anreicherungsfaktor für die im Rahmen dieses Projektes betrachteten Bodenprofile des Thüringer Waldes ist > 5 (Tabelle 47). Die Schürfe des Thüringer Waldes sind mit n=22 (19%, Tabelle 47) auf Grund der geologischen Vielfalt des Thüringer Waldes überproportional vertreten, so dass mit der vorgelegten Kalkulation die Pb-Anreicherung Thüringer Böden überschätzt wird. Möglicherweise führt außerdem der unterstellte Immissionszeitraum von 150 Jahren für das Element Blei ebenfalls zu einer Überschätzung der Immissionsraten. Die von WILCKE und DÖHLER 1995 für die Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland geschätzte Pb-„Vorratsänderung“ liegt mit

80 g/ha·a (Tabelle 67) bei 10 % des für die letzten 150 Jahre für Thüringer Böden geschätzten Jahressaldos. Das KTBL (2005) geht von einem noch niedrigeren Pb-Bilanzsaldo auf landwirtschaftlich genutzten Flächen von ca. 36 ... 58 g/ha·a aus (KTBL 2005, Tabelle 67).

Tabelle 67: Schwermetallsalden ausgewählter Elemente nach WILCKE und DÖHLER 1995 und KTBL 2005 (alle Angaben in g/ha·a)

	WILCKE und DÖHLER 1995			KTBL 2005 Milchviehbetrieb			KTBL 2005 Schweinezucht/-mast		
	Cd	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn
Einträge									
Verwitterung	0,1	0,8	2,3	-	-	-	-	-	-
atmosphärische Deposition	2,5	57	540	0,8	25	137	0,8	25	137
Wasser (Beregn./Tränkw.)	0,01	0,07	4,1	0,01	0,01	0,01	0	0,9	6,8
Mineraldünger	1,48	10	66	0,7	7	41	0,8	31	76
Klärschlamm / Kompost	0,14	6	55						
Importfuttermittel	0,04	0,73	3,6	0,6	2	246	0,2	0,5	100
Futterzusätze	-	-	-	0,04	0,6	408	0,1	0,9	805
Zukauf Tiere	-	-	-	-	-	-	0	0,01	1,4
Saatgut	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	20
Sägemehl	-	-	-	0	0,2	3,1	-	-	-
nicht identif./diffuse Einträge	0,69	12	551	0,4	4,5	124	0,1	3,8	337
Summe Einträge	4,96	87	1222	2,6	39	959	2,1	62	1483
Austräge									
Sickerwasser	1,2	5,9	240	0,3	2,9	34	0,3	2,4	28
Ernte + Schmutzanhang	0,15	1,6	70	0,5	0,7	53	1,1	1,4	91
Tierische Lebensmittel	0,01	0,03	16	0	0,01	74	0,1	0,6	87
Summe Austräge	1,36	7,5	326	0,8	3,6	161	1,5	4,4	206
Saldo	3,6	80	896	1,8	36	798	0,6	58	1277

Beim Element Zn sind nicht so deutliche Trends in den Salden der einzelnen Zeiträume zu beobachten. Bei einer Differenz von 24 mg Zn/kg TS zwischen Oberboden und Substrat (Tabelle 66) ergibt sich unter den selben Voraussetzungen, wie beim Element Cd eine mittlere jährliche Zn-Anreicherung von 720 g/ha. Die von WILCKE und DÖHLER 1995 für die Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland geschätzte Zn-„Vorratsänderung“ liegt bei 900 g/ha·a (Tabelle 67) und das KTBL (2005) geht von einem Zn-Bilanzsaldo auf landwirtschaftlich genutzten Flächen von ca. 800 ... 1300 g/ha·a aus (KTBL 2005, Tabelle 67), wobei in den höheren Salden die Futterzusätze der Schweinemast eine große Rolle spielen.

Obwohl in der Herangehensweise bei der Bilanzierung zwischen beiden Autoren Unterschiede bestehen, ist - auch im Vergleich zu den aus Thüringer Bodenprofilen errechneten „historischen“ Bilanzsalden - insbesondere bei den Elementen Cd und Pb zu erkennen, dass die mannigfaltig in den letzten Jahren unternommenen Anstrengungen zur Vermeidung / Minimierung von Schadstoffeinträgen in den Boden über die Atmosphäre (Immissionsschutz-

recht), mit der Verwertung von Bioabfällen (BioAbfVO) und Klärschlämmen (AbwAG, AbwVO), mit Düngung und Pflanzenschutz (Chemikalien-, Dünge-, Futtermittel- und Abfallrecht) aber auch beim Auf- und Einbringen von Materialien in Böden zu einer Reduzierung der Einträge geführt haben.

Unter der aktuellen Immissionssituation (Bilanzsaldo des KTBL 2005) liegen die Zeiträume, in denen beispielsweise auf Lößstandorten (mediane Gehalte im Oberboden 0,19 mg Cd/kg TS, 41 mg Pb/kg TS, 87 mg Zn/kg TS, Tabelle 78) eine Auffüllung bis zum Vorsorgewert der BBodSchV (hier Bodenart Lehm mit 1 mg Cd/kg TS, 70 mg Pb/kg TS, 150 mg Zn/kg TS) zu erwarten sind, in einer Größenordnung von wenigen hundert Jahren (Zn ca. 500 a bei einem Saldo von 800 g Zn/ha*a (Tabelle 67); verteilt über den Pflughorizont von 30 cm) bis zu mehreren Tausend Jahren (Cd ca. 2000 a bei einem Saldo von 1,8 g Cd/ha*a (Tabelle 67), Pb ca. 5800 a bei einem Saldo von 36 g Pb/ha*a (Tabelle 67, dito.). Im Sinne eines vorsorgenden Bodenschutzes ist demnach eine weitere Begrenzungen der Schwermetalleinträge gefordert. Das entspricht auch den Vorstellungen des wissenschaftlichen Beirates Bodenschutz (WBB) beim BMU, welcher in seinem Gutachten zum vorsorgenden Bodenschutz (WBB 2000) Grundregeln für eine erweiterte Vorsorgekonzeption zum Bodenschutz aufgestellt hat. Dazu gehört u. a. unter Pkt. 6:

„Schadstoffeinträge in den Boden sollen sich an der Empfindlichkeit der natürlichen Bodenfunktionen orientieren und diese nicht unangemessen beeinträchtigen, wobei eine erhebliche oder schleichende Anreicherung zu vermeiden ist. Zulässige Zusatzeinträge sollen entweder unbedenklich oder im Rahmen gesellschaftlicher Konventionen zeitlich begrenzt sein.“

Immer strengere immissionsschutz- und düngemittelrechtliche Festlegungen berücksichtigen diesen Sachverhalt bereits und lassen auch in Zukunft einen Rückgang des Eintrages von Cd und weiteren Schwermetallen über die Atmosphäre, die Verwertung von Bioabfällen / Klärschlämmen und mineralische Düngemittel erwarten. Nach Einschätzung von DÄMMGEN u. a. (2000) wird die Cd-Deposition auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in den nächsten Jahren die Hälfte des damaligen Niveaus erreichen. Damit wird Cd, welches auf Einträge mit mineralischen Düngemitteln zurückzuführen ist, immer stärker die Cd-Bilanz bestimmen und wesentlicher Ansatzpunkt für eine weitere Verringerung von Einträgen sein (SCHÜTZE u. a. 2003).

Durch KÖNIG u.a. (2003) ist angedacht, folgendes übergeordnetes Bodenschutzziel in einer spezifischen Bodenschutzrichtlinie (analog der WRRL) zu verankern:

„Bis zum Jahr 2020 sind Schadstoffeinträge in den Boden soweit zurückzuführen, dass es danach zu keinen weiteren Anreicherungen im Boden kommt.“

Der Weg dorthin führt über die Begrenzung entweder der in den Boden gelangenden Schadstofffrachten auf das Niveau tolerierbarer Austräge aus Böden oder der Schadstoffkonzentrationen in den eingetragenen Materialien auf die Schadstoffgehalte in den Böden. Und er verlangt insbesondere für Elemente, welche sich mit ihren Gehalten in Oberböden auf einem im Vergleich zu den Vorsorgewerten niedrigerem Niveau bewegen eine Orientierung mehr an regionalen Hintergrundwerten denn an den in der BBodSchV verankerten Vorsorgewerten.

4.3 Einflussfaktoren auf den Hintergrundgehalt von Schwermetallen und As in Thüringer Böden

Die Unterschiede im Schwermetallgehalt von Oberböden werden wesentlich bestimmt durch die geogenen Grundgehalte der bodenbildenden Substrate (TILLER 1989, REIMANN u. a. 2000, ONYATTA & HUANG 1999). In einem ersten Schritt wurden deshalb Thüringer Substrate sehr differenziert untersucht und die große Anzahl vorherrschenden Substrate (siehe Spalte 2 der Tabelle 58) getrennt betrachtet. Gleichzeitig wurde geprüft, inwieweit eine Zusammenfassung dieser Substrate zu Gruppen ähnlicher Elementgehalte möglich ist. Für diese Substrate und Substratgruppen werden in Kapitel 4.3 die geogenen Grundgehalte dargestellt.

In den Oberböden werden die geogenen Schwermetallgrundgehalte generell durch anthropogene Stoffeinträge und bodenbildende Prozesse überprägt (SAUERBECK & STYPERECK 1987, NRIAGU 1990, BALZER 1996, LABO 1997b, RINGER & MEKIFFER 1998, BAÑUELOS & AJWA 1999, SENESI u. a. 1999, ABOLLINO u. a. 2002, CHAPMAN u. a. 2003, ADRIANO u. a. 2004), wobei die Herkunft des Schwermetalls bedeutungsvoll für sein Verhalten im Boden ist (KABATA-PENDIAS 2004, BACON & HEWITT 2005).

Wie die Kapitel 3.1.1 bis 3.1.7 zeigen, sind verschiedene Elemente in den Oberböden auf Grund menschlicher Aktivitäten angereichert. Erfahrungsgemäß ist diese Anreicherung in Thüringen relativ einheitlich und eine Differenzierung der Stoffgehalte nach dem **siedlungsstrukturellen Typ** ohne Informationsgewinn. Selbst für die im wesentlichen anthropogen eingetragenen organischen Schadstoffe konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen ländlich geprägten bzw. verdichteten Lebensräumen festgestellt werden (TLU 1997). Deshalb wurde in der vorliegenden Arbeit auf eine derartige Betrachtungsweise verzichtet und eine Ermittlung von Hintergrundwerten für Schwermetalle auf der Grundlage des siedlungsstrukturellen Typs von vornherein ausgeschlossen.

Bedeutungsvoll für die An- und Abreicherung von Schwermetallen im Rahmen bodenbildender Prozesse sind vor allem der pH-Wert, der Gehalt an Tonmineralen und Fe-/Mn-Oxiden sowie an organischer Substanz (GUPTA u. a. 1981, BRÜMMER u.a. 1986, BLUME & BRÜMMER 1987, HORNBURG & BRÜMMER 1993, KOCH 1993, PLUQUET 1993, PLUQUET 1994, MCBRIDE 1997, WELP & BRÜMMER 1999, SAUVE 2000, FRANCOIS 2004, LIEBE u. a. 1997, KABATA-PENDIAS & PENDIAS 2001, UTERMANN u. a. 2003B, WILCKE & WILKE 2004, PORTER u.a. 2004, LITZ 2005). Im Zusammenhang mit der Erarbeitung von Hintergrundwerten für Oberböden wird deshalb im Folgenden exemplarisch geprüft, inwieweit diese Einflussgrößen die geolo-

gische Herkunft des jeweiligen Standortes überprägen und bei der Festlegung von Hintergrundwerten Berücksichtigung finden sollten.

Der **pH-Wert** verändert die Mobilität der Schwermetalle (JANSSEN u. a. 1997, CHIRENJE & MA 1999) und somit ihre vertikale Bewegung mit dem Sickerwasserstrom sowie die Pflanzenaufnahme. Viele Autoren sehen im pH-Wert den entscheidenden Faktor für eine Schwermetallmobilität (RIEUWERTS u.a. 1998). Die Löslichkeit steigt in der Regel mit sinkendem pH-Wert, wobei die Mobilität der einzelnen Elemente in unterschiedlichen pH-Wert-Bereichen einsetzt (BERGKVIST u.a. 1989, ALLOWAY 1995, SCHWARZ u.a. 1999, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002, LOMBI u.a. 2003, LITZ 2005). Eine Ausnahme bilden Hg und As (DANKWARTH & GERTH 2002, STOEPLER 2004). Hg wird nach YIN u. a. (1996) mit sinkendem pH-Wert verstärkt adsorbiert. Für As-V, welches das Primärprodukt der Verwitterung von Arsenmineralien ist, weisen IRGOLIC (1994) und SMITH u. a. (1998) ebenfalls ein Sorptionsmaximum bei niedrigeren pH-Werten (4 - 6) aus. Inwieweit sich diese Eigenschaften auf den Schwermetallgehalt der Oberböden auswirken, wurde an relativ homogenen Substraten der Löß-, Keuper- und Buntsandsteinstandorte geprüft. Tabelle 68 enthält Mittelwerte der Elementgehalte für Oberböden mit pH - Werten $\geq / < 7$ (Löß, Keuper) bzw. $\geq / < 6$ (Sandsteine des Buntsandstein). Signifikante Mittelwertsunterschiede (t-Test, Signifikanzniveau 5%) waren in seltenen Fällen zu registrieren. Sie folgen nur in seltenen Fällen den oben zitierten Regeln aus der Literatur (Hg in Böden aus Keupersubstraten, Co und Cu in Böden aus Sandsteinen) und sind relativ gering. Die Ursache dürfte darin liegen, dass pH-Wert bedingte Erhöhungen der Pflanzenaufnahme bzw. Verlagerung von Schwermetallen vergleichsweise sehr gering sind gegenüber den substratbürtigen Elementgehalt.

Auf die zu niedrigeren pH-Werten neigenden Böden des Thüringer Waldes und Thüringer Schiefergebirges sollten diese Aussagen allerdings nicht übertragen werden. Für gezielte Aussagen zu Veränderungen im Schwermetallgehalt der Bodenhorizonte ist der Datenpool zu gering. Außerdem wäre eine differenziertere Herangehensweise für diesen flächenmäßig nicht so bedeutungsvollen Teil Thüringens nicht angemessen.

Prinzipiell wird deshalb davon ausgegangen, dass für Thüringer Oberböden eine Einbeziehung des pH-Wertes die Aussagekraft der festzulegenden Hintergrundwerte nicht erhöht bzw. die dadurch verursachten Unterschiede im Elementgehalt ohne Bedeutung für den Vollzug sind.

Tabelle 68: Mittelwert der Elementgehalte von Oberböden aus Löß-, Keuper- und Buntsandsteinsubstraten abgestuft nach dem pH-Wert (signifikante Mittelwertsunterschiede (t-Test, 5%) dunkel hinterlegt)

Ausgangssubstrat der Bodenbildung	pH	(n)	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
mg/kg TS													
Löß	< 7	53	0,54	7,5	27	0,18	44	21	10	17	0,070	0,38	58
	≥ 7	21	0,33	8,0	26	0,20	45	23	11	18	0,073	0,38	63
Keuper- substrate	< 7	17	0,46	6,4	27	0,20	67	40	13	26	0,074	0,44	79
	≥ 7	30	0,45	8,0	25	0,15	60	42	12	22	0,055	< 0,3	70
Sandsteine des s	< 6	12	0,40	3,2	28	0,11	14	5,7	3,3	10	0,056	< 0,3	27
	≥ 6	17	0,67	6,6	25	0,16	28	14	5,5	11	0,062	< 0,3	42

Durch **Tonminerale** werden Schwermetalle adsorbiert und somit angereichert bzw. Verlagerungsprozessen entzogen (GERTH & BRÜMMER 1983, KUNTZE 1986, MCBRIDE 1989, PLUQUET 1993, GREINERT u. a. 1995, FRIESL u. a. 2003, USMAN u.a. 2004, BANAT u. a. 2005). Für die über die Profilaufschlüsse (einschl. Ergänzungsuntersuchungen) gewonnenen Oberböden, die einen repräsentativen Querschnitt Thüringer Böden darstellen, ist in Tabelle 58 die Verteilung der Tongehalte aufgeführt. 70 % der Böden weisen Tongehalte zwischen 5 und 30 % auf. Generell ist festzustellen, dass ein großer Teil der untersuchten Thüringer Oberböden schluffig-lehmigen Charakter hat.

In Tabelle 70 sind die Elementgehalte von Oberböden mit Tongehalten \leq und $>$ 15% aufgeführt. Für die Elemente As, Cd, Cu und Tl konnte kein signifikanter Unterschied im Gehalt nachgewiesen werden (t-Test, 5%). Bei den Elementen Cr, Ni, Co und Zn wurden signifikant höhere und bei den Elementen Sb, Pb und Hg signifikant niedrigere Gehalte in den schwereren Böden ermittelt. Insbesondere das Verhalten von Pb, dessen Konzentration normalerweise mit dem Tongehalt ansteigt, lässt vermuten, dass sich wiederum substratbedingte und regionale Unterschiede stärker auf den Elementgehalt auswirken als der betrachtete Tongehalt. Da in der Praxis keine Tongehaltsbestimmung sondern eine Ansprache der Bodenart vor Ort erfolgt, wurden die Proben hinsichtlich ihrer Korngrößenzusammensetzung gruppiert. Dabei wurde zwischen Sand, sandigen, schluffigen und tonigen Böden unterschieden. Deutlich niedrigere Elementgehalte weist die in Thüringen allerdings nicht so häufig vertretene Gruppe mit einem Sandteil $>$ 67% auf (Gruppe 1 in Tabelle 71). Vergleichbar in den Elementgehalten ist das schluffig-tonige Material (Gruppen 2 und 3), die vorwiegend Tone enthaltende Gruppe 4 mit Tongehalten $>$ 25% weist bei den Elementen Cr, Ni und Zn leicht erhöhte Gehalte auf. Ein einheitliches Bild zum Elementgehalt entsteht über die Betrachtung der Korngrößenzusammensetzung ebenfalls nicht. Das ist, wie oben erwähnt, sicher mit der

Vielfalt der geogenen Schwermetallausstattung und den variierenden Standortbedingungen zu erklären.

Eine Verbesserung der Aussagekraft zu Hintergrundwerten für Schwermetalle in Oberböden Thüringens wird somit durch die Berücksichtigung des Tongehaltes ebenfalls nicht erreicht.

Tabelle 69: Tongehalt Thüringer Oberböden (Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen)

Ton (%)	≤ 5	>5 - ≤10	>10-≤15	>15-≤20	>20-≤25	>25-≤30	>30-≤35	>35-≤40	>40-≤45	>45-≤50	>50-≤55	>50
Anzahl	45	91	73	61	39	35	26	21	15	10	10	6
%	10	21	17	14	9,0	8,1	6,0	4,8	3,5	2,3	2,3	1,4

Tabelle 70: Mittelwert der Elementgehalte von Thüringer Oberböden (Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen) abgestuft nach dem Tongehalt (signifikante Mittelwertsunterschiede (t-Test, 5%) dunkel hinterlegt)

Ton (n) (%)	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
mgkg TS											
< 15 208	1,7	11	57	0,26	42	19	8,6	22	0,18	0,46	70
≥ 15 225	0,86	9,8	39	0,23	61	35	12	24	0,096	0,51	84

Tabelle 71: Mittelwert der Elementgehalte von Thüringer Oberböden (Profilaufschlüsse und Ergänzungsuntersuchungen) abgestuft nach der Korngrößenzusammensetzung

Gruppe	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
mgkg TS											
1 Ss, Su2, Sl2, St2	0,59	4,3	29	0,13	17	7,1	3,8	9,3	0,077	< 0,3	26
2 Sl3, Su3, Su4, Slu, Sl4, St3, Ls2, Ls3, Ls4	1,1	9,1	41	0,22	47	21	9,1	18	0,14	0,44	58
3 Lt2, Lts, Ts4, Ts3, Uu, Us, Ut2, Ut3, Uls, Ut4, Lu	0,82	9,7	37	0,22	46	22	9,8	20	0,089	0,41	67
4 Lt3, Tu3, Tu4, Ts2, Tl, Tu2, Tt	0,48	8,0	30	0,19	65	42	13	25	0,067	0,49	86

Huminstoffe, die mengenmäßig den größten Anteil der organischen Substanz des Bodens ausmachen, spielen eine wichtige Rolle bei der Fixierung sowie Mobilisierung und damit bei allen Verlagerungsprozessen von Metallen (KUNTZE 1986, McBRIDE 1989, FINGER & KLAMBERG 1993, HE & SINGH 1993, HORNBURG & BRÜMMER 1993, HARTER & NAIDU 1995, HILLER & BRÜMMER 1996, JANSSEN u. a. 1997, RÖMKENS & SALOMONS 1998, BALABANE u. a. 1999, KARACA 2004, QUIN u.a. 2004, TYE u. a. 2004,). Für die Festlegung der Thüringer Hin-

tergrundwerte sind die Zusammenhänge aber weitgehend bedeutungslos, da sie durch die Parameter geologisch - lithologische bzw. regionale Herkunft dominiert werden. Lediglich für die Auflagehorizonte der Waldböden ist eine verstärkte Schwermetallbindung an die organische Bodensubstanz zu berücksichtigen, allerdings findet eine Anreicherung nur für anthropogen weit verbreitete Elemente statt (vgl. z. B. SUTTNER u. a. 1998, WILCKE 2004).

Die Ableitung von Hintergrundwerten für Thüringer Oberböden erfolgt deshalb in Kapitel 4.4 ebenfalls unter den auf die Substrate angewendeten geologisch-lithologischen Gesichtspunkten. Alle weiteren den Schwermetallgehalt der Substrate überprägende Faktoren (siedlungstruktureller Typ, pH-Wert, Ton, Humus) finden keine Berücksichtigung.

Um die Handhabbarkeit einer solchen „Liste der Hintergrundwerte“ zu gewährleisten, wurden die vielfältigen geologisch-lithologischen Substrateinheiten weitgehend zusammengefasst. In Tabelle 72 ist durch dunkel hinterlegte Felder dargestellt, für welche Substrate statistisch (Scheffé-Test, $\alpha = 0,05$) keine Mittelwertsunterschiede in den Elementgehalten nachzuweisen waren. Bei Mittelwertsunterschieden sind die betroffenen Elemente ausgewiesen. Sekundär spielten bei der Aggregation auch regionale Gesichtspunkte und Möglichkeiten der Unterscheidbarkeit von Substraten vor Ort eine Rolle. So wurden beispielsweise kontaktmetamorphe Gesteine des Thüringer Waldes (Gneise, phyllitische u. kontaktmetamorphe Tonschiefer) und Granite trotz signifikanter Unterschiede im Cr-Gehalt derselben Gruppe „Substrate des Thüringer Waldes“ zugeordnet.

Letztendlich kristallisierten sich zehn flächenmäßig bedeutungsvolle Substratgruppierungen heraus:

- Löß
- Substrate des Keuper (ohne Gips)
- Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des Oberen Muschelkalk
- Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des Muschelkalk
- Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des Oberen Buntsandstein
- Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein
- Substrate des Zechstein
- Substrate des Thüringer Waldes
(Rotliegendesedimente, Porphyre, Porphyrite, Porphyrtuffe, Granit, Gneise, phyll. Tonschiefer, kontaktmetam. Tonschiefer)
- Substrate des Thüringer Schiefergebirges
(Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)
- Basalte der Rhön.

Für diese Substratgruppen werden in Kapitel 4.4 Hintergrundwerte für Schwermetalle in Oberböden vorgestellt. Welche Substrate in die jeweilige Gruppen einfließen, ist der Tabelle 58 in Kapitel 3.2 zu entnehmen. Die Basalte der Rhön sind mangels ausreichender Probenzahlen nicht in die Liste der Hintergrundwerte aufgenommen. Über ihre Elementgehalte kann man sich in Kapitel 3.1.8 informieren. Auch Substrate ohne Flächenrepräsentanz finden an dieser Stelle keine Berücksichtigung.

Tabelle 72: Matrix der Mittelwertsunterschiede in den Elementgehalten von Oberböden aus unterschiedlichen Substraten
(Varianzanalyse, Scheffé-Test, $\alpha = 0,05$)

[illegible]

4.4 Schwermetall- und As-Gehalte der Substrate - geogene Grundgehalte

Die Schwermetallgehalte Thüringer Substrate sind in den Tabellen 76 und 77 zusammenfassend dargestellt (Median, 90er Perzentil, Median + 2·Dispersion). Sie basieren auf den mittels Profilaufschlüssen und Ergänzungsuntersuchungen gewonnenen Substratproben. Es sind sowohl die Werte für alle einzeln betrachteten (Tabelle 76) als auch für die 10 zusammengefassten Substratgruppen (Tabelle 77) aufgeführt. Sie charakterisieren das Schwermetallinventar der Substrate, das für die Bodenbildung zur Verfügung steht. Es erfolgte eine Konzentration auf die Fraktion < 2mm, da dieses Material direkt als Ausgangsmaterial für die Bodenbildung dient.

Zur zusammenfassenden und vergleichenden Bewertung sind in Tabelle 74 die medianen Gehalte der 10 Substratgruppen „normiert“ dargestellt. Die Konzentrationen wurden anhand des Medians und 75er Perzentils aller untersuchten Thüringer Oberböden und Substrate (Tabelle 73) folgendermaßen in „niedrige“, „mittlere“ und „hohe“ Gehalte eingestuft:

- niedrig (★) : \leq Median aus Tabelle 73
- mittel (●) : $>$ Median und \leq 75er Perzentil aus Tabelle 73
- hoch (!) : $>$ 75er Perzentil aus Tabelle 73

Die Tabelle 74 zeigt, dass Thüringer Löss, Kalksteine des Muschelkalk und Sandsteine des Buntsandstein die niedrigsten und die Substrate des Thüringer Schiefergebirges die höchsten Elementgehalte aufweisen. Am häufigsten liegen die Gehalte der Elemente Cr, Ni, und TI über dem 75er Perzentil aller Thüringer Oberböden und Substrate. Auch die As- und Zn-Konzentrationen sind in zwei Fällen als hoch einzustufen. Da der Schwermetallgehalt des geologischen Ausgangsmaterials für die Bodenbildung, wie im vorangegangenen Kapitel dargestellt, den Schwermetallgehalt der Oberböden entscheidend beeinflusst, sind bei den Elementen Cr, Ni und Zn geogen bedingte Überschreitungen der Vorsorgewerte der BBodSchV in den Oberböden nicht auszuschließen (Tabelle 77).

Tabelle 73: Elementgehalt (Median, 75er Perzentil - ausreißerbereinigt) aller untersuchten Thüringer Oberböden und Substrate

	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	TI	Zn
	mg/kg TS										
Anzahl (n)	513	547	2.330	2.368	2.385	2.391	1.027	2.390	1.737	573	2.320
Median (Med.)	0,45	7,0	24	0,16	42	27	11	18	0,074	0,41	61
75er Perzentil	0,64	9,6	31	0,25	55	37	15	23	0,10	0,55	80

Tabelle 74: Einstufung der Schwermetall- und As-Gehalte der wichtigsten Substratgruppen Thüringens
(★ = niedrig, o = mittel, ! = hoch)

Substratgruppe	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Löß	★	★	★	★	o	★	★	★	★	★	★
Keuper (ohne Gips)	★	★	★	★	!	o	o	★	★	★	★
Gipse des k, s und z	★	★	★	★	★	★	★	★	★	!	★
Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	★	★	★	★	!	!	o	!	★	o	o
Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	★	★	★	★	★	★	★	★	★	o	★
Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	★	★	★	★	!	!	o	★	★	!	o
Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Zechstein	!	!	★	★	o	o	★	★	★	!	!
Thüringer Wald (Rotliegendesedimente, Porphyre, Porphyrite, Porphyrtuffe, Granit, Gneise, phyll. Tonschiefer, Kontaktmetam. Tonsch.)	!	o	★	★	o	★	o	★	★	!	★
Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	!	!	★	★	!	!	!	!	★	o	!

4.5 Hintergrundwerte für Oberböden

Die Ableitung der Schwermetallhintergrundwerte für Thüringer Oberböden erfolgt wie in Kapitel 4.2 begründet, ebenfalls ausschließlich unter lithologisch-geologischen Gesichtspunkten. Sie basieren auf den Ergebnissen der Profilaufschlüsse (einschl. Ergänzungsuntersuchungen) und den an der TLL bzw. Vorgängereinrichtungen erarbeiteten Datenbeständen (siehe Tabelle 2 und Kapitel 2.2.2). Für alle Werte wurden nach einer Ausreißerbereinigung u.a. der Medianwert, das 90er Perzentil und die Summe aus Median und $2 \cdot \text{Disp.}$ berechnet. Auf Grund der Ausreißerbereinigung ergeben sich nur außerordentlich geringe Differenzen zwischen dem 90er Perzentil und der Summe (Median + $2 \cdot \text{Disp.}$; Tabellen 76 bis 79), so dass den Empfehlungen der LABO (1995) zur Nutzung des 90er Perzentils für die Festlegung von Hintergrundwerten Folge geleistet wird. Um die Übersichtlichkeit des Datenmaterials zu gewährleisten, erfolgte eine Konzentration auf die neun flächenmäßig bedeutenden geologisch-lithologische Gruppen (vgl. Kap. 4.2 und Spalte 3 in Tabelle 58). Oberböden aus Basalten der Rhön sind in dieser Tabelle nicht vertreten, da sie nur mit geringen Probenzahlen belegt sind.

Die in Tabelle 79 dargestellten Schwermetallkonzentrationen können als Hintergrundwerte für Thüringer Oberböden verwendet werden. Diese aus den Ergebnissen der in Tabelle 2 aufgeführten Projekte errechneten Werte sollten in der vorliegenden Form für wissenschaftliche Untersuchungen bzw. detaillierte Auswertungen benutzt werden. Für die allgemeine Bewertung der Schwermetallbelastung Thüringer Böden im Rahmen einer „Thüringer Liste“ wird vorgeschlagen, mit gerundeten Werten zu arbeiten. Diese sind für den Medianwert und das 90er Perzentil in Tabelle 79 dargestellt.

Im Sinne des vorbeugenden Bodenschutzes sollte angestrebt werden, die Schwermetallkonzentrationen Thüringer Böden - charakterisiert durch die Medianwerte in den Tabellen 78 und 79 - langfristig zu erhalten. Das bedeutet, ein Gleichgewicht zwischen dem Schwermetall-Eintrag und -Austrag (möglichst auf niedrigem Niveau) herzustellen. Zur Ausgrenzung von Böden mit erhöhten Schwermetallgehalten (oberhalb des Hintergrundgehaltes) sollten die in der Tabelle 79 enthaltenen gerundeten 90er Perzentilwerte verwendet werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass ein bloßes Überschreiten der 90er Perzentilwerte noch keine negative Wirkung hinsichtlich Phyto-, Zoo-, Human- und Ökotoxizität bedeutet. Es wird lediglich angezeigt, dass 90 % der Böden der geologisch - lithologischen bzw. regionalen Gruppierung einen niedrigeren Schwermetallgehalt aufweisen. In einer Einzelfallprüfung ist dann die Ursache der erhöhten Schwermetallkonzentration der konkreten Probe, die durchaus auch geogen bedingt sein kann, zu untersuchen.

Zur vergleichenden Bewertung sind in Tabelle 75 die medianen Gehalte der Oberböden aus den zusammengefassten Substratgruppen „normiert“ dargestellt. Die Konzentrationen wurden wie bei den Substraten anhand des Medians und 75er Perzentils aller untersuchten Thüringer Oberböden und Substrate (Tabelle 73) folgendermaßen in „niedrige“, „mittlere“ und „hohe“ Gehalte eingestuft:

- niedrig (★) : \leq Median aus Tabelle 73
mittel (○) : $>$ Median und \leq 75er Perzentil aus Tabelle 73
hoch (!) : $>$ 75er Perzentil aus Tabelle 73.

Die Tabelle 75 zeigt, dass Oberböden aus Thüringer Lössen und aus Sandsteinen des Buntsandstein niedrige Konzentrationen aufweisen und die Oberböden des Muschelkalk, des Zechstein, des Thüringer Waldes und des Thüringer Schiefergebirges schwermetallreicher sind. Bei allen Elementen sind Konzentrationen über dem 75er Perzentil der Thüringer Oberböden und Substrate (Tabelle 73) zu verzeichnen. Die Tabelle 75 demonstriert außerdem, dass die anthropogen weit verbreiteten Elemente Pb, Cd und Hg in den Oberböden angereichert sind. Während die geogenen Grundgehalte alle in der niedrigsten Gehaltsklasse liegen (Tabelle 74), muss ein hoher Prozentsatz der Oberböden in die mittlere und hohe Klasse eingestuft werden.

Tabelle 75: Einstufung der Schwermetall- und As-Gehalte von Oberböden der wichtigsten Substratgruppen Thüringens

Substratgruppe	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
Löß	★	○	★	○	★	★	★	★	★	★	★
Keuper (ohne Gips)	○	○	○	○	○	!	○	○	★	★	○
Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	★	○	○	○	!	!	!	!	○	★	○
Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	○	!	!	!	○	○	-	○	○	!	○
Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	○	★	★	○	!	○	○	○	★	○	○
Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s	○	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Zechstein	!	!	!	!	○	★	○	!	○	!	!
Thüringer Wald (Rotliegendesedimente, Porphyre, Porphyrite, Porphyrtuffe, Granit, Gneise, phyll. Tonschiefer, Kontaktmetam. Tonsch.)	!	!	!	!	★	★	!	★	!	○	!
Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	!	!	!	○	○	○	!	○	!	○	!

Im Rahmen des Vollzugs des Bundesbodenschutzgesetzes trat im Jahr 1999 die Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) in Kraft. In Tabelle 80 sind die in dieser

Verordnung festgelegten Vorsorgewerte für Schwermetalle in Böden den für Thüringen vorgeschlagenen Hintergrundwerten gegenübergestellt. Der Vergleich zeigt, dass nur in wenigen Fällen mit auf dem Hintergrundgehalt beruhenden Überschreitungen des Vorsorgewertes gerechnet werden muss. Diese betreffen in erster Linie das Element Ni (Löß, Keuper-substrate, tonige Substrate des mo, Kalksteine, Mergelsteine des m, Substrate des Thüringer Waldes und Thüringer Schiefergebirges), wobei diesem Problem bereits durch erhöhte Vorsorgewerte im Vergleich zu den vom UBA (1996) veröffentlichten Werten Rechnung getragen wurde.

Für die anderen Elemente ist mit folgenden Überschreitungen zu rechnen:

Pb: Thüringer Wald

Cr: Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des Muschelkalk, Thüringer Wald;
Thüringer Schiefergebirge

Zn: Zechstein, Thüringer Wald, Thüringer Schiefergebirge.

Die Sandsteine und tonig-sandigen Wechselfolgen des s sind nur unter Vorbehalt mit den für pleistozäne Sande erarbeiteten Vorsorgewerten zu vergleichen, so dass hier auf eine Wertung verzichtet wird.

Tabelle 76: Schwermetall- und As-Gehalte von Thüringer Substraten (Datenbasis: TMLNU (1996))
- Fraktion < 2mm, ausreißerbereinigt -

Nr.	Ausgangssubstrat der Bodenbildung	n (Ur- daten)		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
mg/kg TS														
1	Löß	20	Median	0,23	6,3	17	0,096	46	25	11	14	0,020	0,34	49
			90er Perz.	0,35	7,3	18	0,11	63	26	13	18	0,030	0,43	62
			Med.+2*Disp.	0,31	8,0	19	0,12	65	27	14	16	0,037	0,41	66
2	Tonsteine, Tone, Tonmergel des k (einschl. Kolluvien und Schutt)	26	Median	0,40	5,5	11	0,037	72	41	14	17	0,019	0,47	68
			90er Perz.	0,60	11	22	0,12	94	57	21	32	0,045	0,88	112
			Med.+2*Disp.	0,65	9,6	20	0,089	92	59	22	31	0,040	0,92	114
3	Kalksteine des k	9	Median	0,40	6,5	9,7	0,048	30	33	8,6	11	0,014	< 0,3	44
			90er Perz.	0,57	12	15	0,14	44	63	17	17	0,033	< 0,3	101
			Med.+2*Disp.	0,60	12	18	0,093	62	79	18	17	0,026	< 0,3	100
4	Sandsteine des k (<i>Fraktion > 2 mm</i>)	7	Median	(0,16)	(4,4)	(10)	(0,015)	(51)	(34)	(10)	(62)	(< 0,01)	(< 0,3)	(41)
			90er Perz.	(0,23)	(8,7)	(16)	(0,026)	(53)	(57)	(15)	(124)	(< 0,01)	(< 0,3)	(76)
			Med.+2*Disp.	(0,25)	(10)	(17)	(0,023)	(55)	(62)	(14)	(160)	(< 0,01)	(< 0,3)	(62)
5	Mergel des k	7	Median	0,33	5,7	15	0,042	42	35	9,1	21	0,011	0,31	34
			90er Perz.	0,55	7,1	21	0,088	58	38	14	26	0,015	0,48	57
			Med.+2*Disp.	0,51	8,2	19	0,066	74	43	16	28	0,017	0,47	66
6	Gipse des k, so, z	8	Median	0,32	7,0	< 2	0,12	25	18	6,8	8,4	0,028	0,79	42
			90er Perz.	0,60	16	4,1	0,31	59	33	15	26	0,054	2,1	81
			Med.+2*Disp.	0,49	17	< 2	0,33	70	44	17	22	0,061	1,7	80
7	Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	25	Median	0,21	4,5	15	0,017	94	71	15	36	0,026	0,47	74
			90er Perz.	0,38	6,6	22	0,040	151	107	20	47	0,032	0,61	100
			Med.+2*Disp.	0,33	6,5	22	0,028	140	107	21	52	0,038	0,72	107
8	Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des mm	20	Median	0,23	5,3	12	0,064	11	13	5,8	8,2	0,014	0,46	28
			90er Perz.	0,41	7,7	20	0,23	22	19	9,7	12	0,048	0,67	62
			Med.+2*Disp.	0,38	8,9	20	0,13	22	21	9,7	11	0,026	0,60	60
9	Kalksteine des mu	7	Median	0,26	8,6	15	0,34	42	26	7,9	18	0,024	0,47	40
			90er Perz.	0,30	12	15	0,40	59	32	15	24	0,052	0,70	56
			Med.+2*Disp.	0,34	13	15	0,40	74	38	13	30	0,043	0,89	44

Fortsetzung Tabelle 76: Schwermetall- und As-Gehalte von Thüringer Substraten (Datenbasis: TMLNU 1996)
- Fraktion < 2mm, ausreißerbereinigt -

Nr.	Ausgangssubstrat der Bodenbildung	n (Ur- daten)		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
				mg/kg TS										
10	Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	13	Median	0,39	3,6	12	0,029	69	40	14	13	0,011	0,65	79
			90er Perz.	0,55	8,5	12	0,052	85	45	17	20	0,022	0,78	97
			Med.+2*Disp.	0,55	7,1	13	0,045	85	49	18	19	0,017	0,89	109
11	Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s	41	Median	0,26	3,2	14	0,030	19	9,4	4,8	3,5	< 0,01	< 0,3	14
			90er Perz.	0,72	6,9	20	0,047	55	25	8,4	9,2	0,020	< 0,3	41
			Med.+2*Disp.	0,62	5,9	24	0,052	41	21	7,6	6,2	< 0,01	< 0,3	29
12	Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des z	12	Median	0,70	16	11	0,079	62	42	14	20	< 0,01	0,75	94
			90er Perz.	1,0	21	18	0,12	90	45	18	28	0,011	1,2	102
			Med.+2*Disp.	1,0	22	15	0,12	84	48	18	30	< 0,01	1,1	108
13	Kalksteine, Dolomite des z	14	Median	0,56	15	25	0,18	5,0	9,4	4,8	11	0,051	0,34	77
			90er Perz.	1,1	25	35	0,28	15	28	11	22	0,091	0,71	153
			Med.+2*Disp.	1,1	26	43	0,34	10	22	11	22	0,10	0,56	169
14a	Sandsteine des r	5	Median	1,0	7,3	12	0,041	58	22	10	8,7	< 0,01	0,61	38
			90er Perz.	3,0	8,9	12	0,048	63	31	13	13	0,010	0,97	48
			Med.+2*Disp.	3,0	11	12	0,057	72	30	16	17	< 0,01	0,74	57
14b	Ton- und Schluffsteine des r	6	Median	1,4	26	11	0,072	73	34	15	19	0,045	0,82	69
			90er Perz.	1,8	64	29	0,11	81	41	16	37	0,069	1,1	124
			Med.+2*Disp.	1,7	52	17	0,075	83	46	17	34	0,11	0,88	125
15	Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe des r	13	Median	0,60	7,4	9,8	0,049	28	13	10	5,9	0,027	0,51	32
			90er Perz.	0,88	13	16	0,069	49	19	14	8,7	0,075	0,71	41
			Med.+2*Disp.	1,1	12	20	0,073	39	17	13	8,9	0,043	0,73	48
16	Granit	4	Median	0,53	8,9	12	0,040	43	19	9,4	5,8	0,026	0,66	13
			90er Perz.	0,73	11	14	0,042	46	21	11	6,0	0,041	0,67	16
			Med.+2*Disp.	0,76	12	16	0,046	48	22	12	5,8	0,044	0,68	21
17	Gneise, phyllitische Tonschiefer, kontaktmetamorphe Tonschiefer	14	Median	0,84	7,5	19	0,039	88	46	21	32	0,037	0,62	133
			90er Perz.	1,7	16	27	0,083	130	62	27	79	0,080	1,1	210
			Med.+2*Disp.	1,7	14	31	0,090	128	70	29	69	0,068	1,1	236
18	Tonschiefer	37	Median	1,3	12	18	0,077	94	45	20	39	0,070	0,47	109
			90er Perz.	2,9	17	31	0,21	125	55	29	67	0,15	0,78	154
			Med.+2*Disp.	2,9	18	31	0,18	132	58	28	71	0,13	0,72	140

Fortsetzung Tabelle 76: Schwermetall- und As-Gehalte von Thüringer Substraten (Datenbasis: Profilaufschlüsse TMLNU 1993-1995)
- Fraktion < 2mm, ausreißerbereinigt -

Nr.	Ausgangssubstrat der Bodenbildung	n (Ur- daten)		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
				mg/kg TS										
19	Grauwacken und Grauwacken- Tonschiefer Wechselfolgen	12	Median	0,66	10	13	0,042	107	37	15	22	0,060	0,42	97
			90er Perz.	2,8	14	29	0,17	146	44	22	25	0,11	0,54	119
			Med.+2*Disp.	0,91	18	24	0,10	160	47	21	28	0,090	0,54	137
20	Quarzite	1		8,3	4,1	18	< 0,015	33	7,1	2,1	9,1	0,016	0,39	29
21	Diabase, Diabastuffe	7	Median	4,8	18	8,4	0,095	240	138	35	55	0,13	< 0,3	116
			90er Perz.	10	44	14	0,13	405	176	37	90	0,28	< 0,3	131
			Med.+2*Disp.	10	38	11	0,12	400	186	39	93	0,23	< 0,3	138
22	Kalksteine des S und D	2	Median	9,1	38	34	0,58	75	105	21	223	0,26	0,96	218
			90er Perz.	15	51	52	0,91	77	153	23	325	0,45	1,2	280
23	Kieselschiefer	2	Median	10	16	88	0,17	55	19	7,8	26	0,54	0,97	44
			90er Perz.	11	18	141	0,23	73	27	11	33	0,78	1,4	50
24	Basalte der Rhön (> 2 mm)	Schurf 95 - 12/1/5	Einzelwert	(0,19)	(0,59)	(< 2)	(0,081)	(219)	(113)	(41)	(41)	(< 0,01)	(< 0,3)	(122)
		Schurf 13/1/4, 5	Mittelwert	(0,14)	(0,49)	(< 2)	(0,084)	(455)	(307)	(44)	(57)	(< 0,01)	(< 0,3)	(73)

**Tabelle 77: Schwermetall- und As-Gehalte von Thüringer Substraten, zusammengefasste Gruppierung
(Datenbasis: Profilaufschlüsse TMLNU 1993-1995) - Fraktion < 2mm, ausreißerbereinigt -**

Nr.	Bodenlandschaft	n		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
			(Ur- daten)	mg/kg TS										
1	Löß	20	Median	0,23	6,3	17	0,096	46	25	11	14	0,020	0,34	49
			90er Perz.	0,35	7,3	18	0,11	63	26	13	18	0,030	0,43	62
			Med.+2*Disp.	0,31	8,0	19	0,12	65	27	14	16	0,037	0,41	66
2-5	Keuper (ohne Gips)	44	Median	0,37	6,3	11	0,036	58	37	12	16	0,014	< 0,3	53
			90er Perz.	0,59	12	22	0,11	91	58	20	26	0,035	0,50	99
			Med.+2*Disp.	0,62	11	19	0,086	102	59	20	28	0,026	< 0,3	97
6	Gipse des k, s und z	8	Median	0,32	7,0	< 2	0,12	25	18	6,8	8,4	0,028	0,79	42
			90er Perz.	0,60	16	4,1	0,31	59	33	15	26	0,054	2,1	81
			Med.+2*Disp.	0,49	17	< 2	0,33	70	44	17	22	0,061	1,7	80
7	Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	25	Median	0,21	4,5	15	0,017	94	71	15	36	0,026	0,47	74
			90er Perz.	0,38	6,6	22	0,040	151	107	20	47	0,032	0,61	100
			Med.+2*Disp.	0,33	6,5	22	0,028	140	107	21	52	0,038	0,72	107
8+9	Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	27	Median	0,25	5,7	12	0,11	17	16	5,9	9,7	0,023	0,46	39
			90er Perz.	0,41	9,1	19	0,38	42	31	9,9	20	0,059	0,70	88
			Med.+2*Disp.	0,40	9,2	18	0,29	36	25	8,9	14	0,052	0,64	68
10	Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	13	Median	0,39	3,6	12	0,029	69	40	14	13	0,011	0,65	79
			90er Perz.	0,55	8,5	12	0,052	85	45	17	20	0,022	0,78	97
			Med.+2*Disp.	0,55	7,1	13	0,045	85	49	18	19	0,017	0,89	109
11	Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s	41	Median	0,26	3,2	14	0,030	19	9,4	4,8	3,5	< 0,01	< 0,3	14
			90er Perz.	0,72	6,9	20	0,047	55	25	8,4	9,2	0,020	< 0,3	41
			Med.+2*Disp.	0,62	5,9	24	0,052	41	21	7,6	6,2	< 0,01	< 0,3	29
Vorsorgewerte für Metalle in Böden (BBodSchV 1999)														
Bodenart Ton				-	-	100	1,5	100	70	60	-	1	-	200
Bodenart Lehm				-	-	70	1	60	50	40	-	0,5	-	150
Bodenart Sand				-	-	40	0,4	30	15	20	-	0,1	-	60

Fortsetzung Tabelle 77: Schwermetall- und As-Gehalte von Thüringer Substraten, zusammengefasste Gruppierung
(Datenbasis: Profilaufschlüsse TMLNU 1993-1995)
- Fraktion < 2mm, ausreißerbereinigt -

Nr.	Bodenlandschaft	n		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
		(Ur- daten)		mg/kg TS										
12+	Zechstein	26	Median	0,65	16	18	0,098	51	31	11	15	0,026	0,66	90
13			90er Perz.	1,1	25	34	0,18	89	46	16	25	0,074	1,2	128
			Med.+2*Disp.	1,1	25	36	0,14	120	58	19	29	0,062	1,2	136
14-	Thüringer Wald	42	Median	0,80	8,3	12	0,047	55	22	14	8,7	0,027	0,59	41
17	(Rotliegendesedimente, Porphyre, Porphyrite, Porphyrtuffe, Granit, Gneise, phyll. Tonschiefer, Kontaktmetam. Tonsch.)		90er Perz.	1,8	13	25	0,089	94	45	22	20	0,063	1,1	113
			Med.+2*Disp.	1,5	14	21	0,087	94	40	21	15	0,053	0,97	89
18+	Thüringer Schiefergebirge	49	Median	1,3	11	15	0,075	96	41	18	29	0,065	0,45	104
19	(Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)		90er Perz.	2,9	19	30	0,21	139	55	24	62	0,14	0,75	129
			Med.+2*Disp.	2,7	18	27	0,19	137	57	26	55	0,12	0,63	134
20	Quarzite	1	Median	8,3	4,1	18	< 0,015	33	7,1	2,1	9,1	0,016	0,39	29
21	Diabase, Diabastuffe	7	Median	4,8	18	8,4	0,095	240	138	35	55	0,13	< 0,3	116
			90er Perz.	10	44	14	0,13	405	176	37	90	0,28	< 0,3	131
			Med.+2*Disp.	10	38	11	0,12	400	186	39	93	0,23	< 0,3	138
22	Kalksteine des S und D	2	Median	9,1	38	34	0,58	75	105	21	223	0,26	0,96	218
			90er Perz.	15	51	52	0,91	77	153	23	325	0,45	1,2	280
23	Kieselschiefer	2	Median	10	16	88	0,17	55	19	7,8	26	0,54	0,97	44
			90er Perz.	11	18	141	0,23	73	27	11	33	0,78	1,4	50
24	Basalte der Rhön	Schurf 95 - 12/1/5	Einzelwert	(0,19)	(0,59)	(< 2)	(0,081)	(219)	(113)	(41)	(41)	(< 0,01)	(< 0,3)	(122)
	(> 2 mm)	Schurf 95 - 13/¼, 5	Mittelwert	(0,14)	(0,49)	(< 2)	(0,084)	(455)	(307)	(44)	(57)	(< 0,01)	(< 0,3)	(73)
Vorsorgewerte für Metalle in Böden (BBodSchV 1999)														
	Bodenart Ton			-	-	100	1,5	100	70	60	-	1	-	200
	Bodenart Lehm			-	-	70	1	60	50	40	-	0,5	-	150
	Bodenart Sand			-	-	40	0,4	30	15	20	-	0,1	-	60

Tabelle 78: Statistische Parameter von Oberböden der zusammengefassten Substratgruppen, Datenbestände TLL / IPE (umgerechnet auf Gesamtgehalte) und Profilaufschlüsse (TMLNU, Gesamtgehalte)

Nr.	Bodenlandschaft	n (Urdaten)		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
mg/kg TS														
1	Löß	885	Med.	0,37	7,5	24	0,19	40	26	10	17	0,074	0,36	58
		(Co / Hg) 264/615	90er P.	0,61	9,9	32	0,35	58	41	16	24	0,11	0,50	81
		(As, Sb, Tl) 60	Med+2*D.	0,58	10	31	0,37	57	40	16	23	0,10	0,50	74
2-5	Keuper (ohne Gips)	341	Med.	0,47	7,6	26	0,20	51	40	13	22	0,070	0,38	68
		(Co / Hg) 138/247	90er P.	0,56	9,6	35	0,40	72	61	19	30	0,11	0,52	94
		(As, Sb, Tl) 49	Med+2*D.	0,59	9,2	34	0,40	70	60	19	30	0,10	0,68	92
7	Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	201	Med.	0,41	7,6	29	0,23	62	50	16	24	0,080	0,33	70
		(Co / Hg) 90/133	90er P.	0,67	8,8	40	0,53	85	74	22	34	0,12	0,57	89
		(As, Sb, Tl) 18	Med+2*D.	0,65	8,9	36	0,49	91	77	21	36	0,11	0,53	88
8+9	Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	81	Med.	0,49	9,9	36	0,35	47	30	11	20	0,080	0,84	77
		(Co / Hg) 45/57	90er P.	0,67	13	54	0,50	68	40	16	29	0,11	1,1	118
		(As, Sb, Tl) 17	Med+2*D.	0,66	12	54	0,59	69	40	17	32	0,11	1,2	111
10	Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	75	Med.	0,63	5,9	24	0,19	53	31	12	19	0,070	0,45	70
		(Co / Hg) 42/60	90er P.	0,80	9,3	34	0,35	69	48	16	29	0,11	0,65	96
		(As, Sb, Tl) 18	Med+2*D.	1,2	8,1	34	0,31	75	47	18	29	0,10	0,67	90
11	Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s	444	Med.	0,54	3,4	20	0,10	23	10	3,8	9,9	0,070	< 0,3	40
		(Co / Hg) 139/296	90er P.	0,85	6,5	30	0,23	41	21	10	19	0,11	< 0,3	63
		(As, Sb, Tl) 29	Med+2*D.	0,92	5,5	29	0,21	38	20	11	16	0,094	< 0,3	61
12+ 13	Zechstein	53	Med.	0,98	18	48	0,30	46	26	13	28	0,10	0,64	130
		(Co / Hg) 19/51	90er P.	1,3	25	98	0,44	83	39	18	42	0,16	0,97	235
		(As, Sb, Tl) 10	Med+2*D.	1,5	26	83	0,50	82	38	21	41	0,15	1,1	201
16+ 17	Thüringer Wald (Rotliegendesedimente, Porphyre, Porphyrite, Porphyrtuffe, Granit, Gneise, phyll. Tonschiefer, kontaktmetam. Tonsch.)	31	Med.	1,4	11	52	0,27	40	18	18	13	0,14	0,45	96
		(Co / Hg) 28/28	90er P.	3,2	11	87	0,46	68	31	33	25	0,24	0,86	166
		(As, Sb, Tl) 12	Med+2*D.	2,5	12	82	0,42	56	30	30	19	0,22	0,67	152
18+ 19	Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	288	Med.	1,7	14	39	0,20	48	31	18	21	0,14	0,46	109
		(Co / Hg) 60/217	90er P.	2,4	22	58	0,41	73	48	27	30	0,22	0,69	156
		(As, Sb, Tl) 22	Med+2*D.	2,8	20	54	0,40	65	45	28	29	0,20	0,74	151

Tabelle 79: Hintergrundwerte für Oberböden Thüringens

Nr.	Bodenlandschaft		Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
mg/kg TS													
1	Löß	Med.	0,35	7,5	25	0,20	40	25	10	15	0,075	0,35	60
		90er P.	0,60	10	30	0,35	60	35	15	25	0,10	0,50	80
2-5	Keuper (ohne Gips)	Med.	0,50	7,5	25	0,20	50	35	15	20	0,075	0,40	70
		90er P.	0,55	10	35	0,40	70	50	20	30	0,10	0,50	95
7	Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	Med.	0,40	7,5	30	0,25	60	45	15	25	0,075	0,35	70
		90er P.	0,65	10	40	0,55	85	70	20	35	0,10	0,55	90
8+9	Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	Med.	0,50	10	35	0,35	45	25	10	20	0,075	0,85	75
		90er P.	0,65	15	55	0,50	70	40	15	30	0,10	1,0	120
10	Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	Med.	0,65	5,0	25	0,20	55	30	10	20	0,075	0,45	70
		90er P.	0,80	10	35	0,35	70	40	15	30	0,10	0,65	95
11	Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s	Med.	0,55	3,5	20	0,10	25	10	5	10	0,075	< 0,3	40
		90er P.	0,85	6,5	30	0,25	40	20	10	20	0,10	< 0,3	65
12+ 13	Zechstein	Med.	1,0	20	50	0,30	45	25	15	30	0,10	0,65	130
		90er P.	1,5	25	100	0,45	85	35	20	40	0,15	0,95	235
16+ 17	Thüringer Wald (Rotliegendesedimente, Porphyre, Porphyrite, Porphyrtuffe, Granit Gneise, phyll. Tonschiefer, kontaktmetam. Tonsch.)	Med.	1,5	15	50	0,25	40	20	10	15	0,15	0,45	95
		90er P.	2,5	20	85	0,45	70	35	15	25	0,25	0,85	165
18+ 19	Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	Med.	1,5	10	40	0,20	50	30	20	20	0,15	0,45	110
		90er P.	3,0	10	60	0,40	75	40	25	30	0,20	0,70	155

Tabelle 80: 90er Perzentilwerte der Schwermetall- und As-Gehalte der Oberböden von zusammengefassten Substratgruppen (Projekte TLL / IPEÖ, umgerechnet auf Gesamtgehalte und TMLNU, Gesamtgehalte) im Vergleich zu den Vorsorgewerten der BBodSchV

	n (Urdaten)	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Cu	Hg	Zn	Vergleich zu Vorsorgewerten
mg/kg TS										
Löß	885	9,9	32	0,35	58	41	24	0,11	81	Lehm
Keuper (ohne Gips)	341	9,6	35	0,40	72	61	30	0,11	94	Ton
Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des mo	201	8,8	40	0,53	85	74	34	0,12	89	Ton
Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des m	81	13	54	0,50	68	40	29	0,11	118	Lehm
Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des so	75	9,3	34	0,35	69	48	29	0,11	96	Ton
Sandsteine und tonig sandige Wechselfolgen des s	444	6,5	30	0,23	41	21	19	0,11	63	Sand
Zechstein	53	25	98	0,44	83	39	42	0,16	235	Ton
Thüringer Wald (Rotliegendensedimente, Porphyre, Porphyrite, Porphyrtuffe, Granit, Gneise, phyll. Tonschiefer, kontaktmetam. Tonsch.)	31	11	87	0,46	68	31	25	0,24	166	Lehm
Thüringer Schiefergebirge (Tonschiefer, Grauwacken und Wechselfolgen)	288	22	58	0,41	73	48	30	0,22	156	Lehm
Vorsorgewerte für Metalle in Böden (BBodSchV 1999)										
Bodenart Ton		-	100	1,5	100	70	60	1	200	
Bodenart Lehm		-	70	1	60	50	40	0,5	150	
Bodenart Sand		-	40	0,4	30	15	20	0,1	60	

5 Vergleichende Darstellung der Ergebnisse und ihre Bedeutung für den Bodenschutz im Freistaat Thüringen

Die sichere Ausgrenzung von Bodenbelastungen und die Begrenzung neuer schädlicher Stoffeinträge sind nur möglich, wenn ein Vergleich mit unbelasteten Böden hergestellt werden kann.

Bereits HINDEL & FLEIGE (1991) stellten fest, dass die Schwermetallausstattung des bodenbildenden Gesteins und der daraus gebildeten Böden einer enormen Vielfalt unterliegt und nicht allein von deren geochemischen Eigenschaften sondern auch von der stratigraphischen Einordnung, geographischen / klimatischen Lage und bodenbildenden Prozessen geprägt ist. Außerdem hat die globale Emissionssituation Bedeutung für die Überprägung des Schwermetallgehaltes der Oberböden. Aus diesem Grund wurde in der Vergangenheit in allen Bundesländern die Erarbeitung länderspezifischer Hintergrundwerte angestrebt. Auch die LABO (1998) stellte fest, dass länderspezifische Untersuchungen eine stärkere Differenzierung nach den Bezugsgrößen Ausgangsgestein, Nutzung oder auch Gebietstyp und damit eine bessere regionale Differenzierung der Hintergrundgehalte von Böden erlauben.

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG) und der Verabschiedung der Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) wird erstmals die nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung der Bodenfunktionen gesetzlich geregelt. Dem vorsorgenden Schutz des Bodens vor stofflichen Veränderungen wird durch die Festlegung von Vorsorgewerten für organische und anorganische Problemstoffe Rechnung getragen. Eine Überschreitung dieser Vorsorgewerte zeigt die Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung an, soweit nicht naturbedingt Gehalte über diesen Vorsorgewerten zu erwarten sind. In Böden, für die Hintergrundwerte oberhalb der Vorsorgewerte ausgewiesen werden müssen, sind keine schädliche Bodenveränderung zu besorgen, soweit nicht eine Freisetzung der Schadstoffe nachteilige Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lässt. Somit ist eine umfassende Beschreibung des „Ist-Zustandes“ der Bodenbelastung Voraussetzung für eine sichere Anwendung der Gesetzgebung zum Bodenschutz.

Die vorliegende Arbeit zeigt für den Freistaat Thüringen, dass sich die Schwermetallgehalte des geologischen Materials und der daraus gebildeten Böden gut in das für viele andere Bundesländer gewonnene Bild einordnen (Kapitel 3.1.1 bis 3.1.8). Gleichzeitig gibt sie einen Überblick über die – im wesentlichen geogen bedingte - Vielfalt der Schwermetallausstattung Thüringer Böden. Die Hintergrundwerte wurden unter geologisch - lithologischen Gesichts-

punkten erarbeitet, da sich im Verlauf der Arbeiten herausstellte, dass diese in ihrem Einfluss auf den Schwermetallgehalt gegenüber weiteren in Frage kommenden Faktoren wie bodenphysikalische / bodenchemische Eigenschaften (Ton, pH, organische Substanz) oder Siedlungsdichte dominieren (Kapitel 4.2).

Im Sinne einer praktischen Handhabbarkeit und breiten Einsatzmöglichkeit wurden die erzielten Ergebnisse weitestgehend abstrahiert und aggregiert (Kapitel 4.2). Der geologisch - lithologische Bezug erlaubt eine relativ einfache Übertragung auf die Fläche. Bei der Anwendung der Hintergrundwerte sollte jedoch Folgendes beachtet werden:

- Die Konzentration verschiedener Elemente in Thüringer Oberböden (Cd, Hg) unterschreitet die Vorsorgewerte der BBodSchV deutlich und es ist im Sinne eines vorsorgenden Bodenschutzes nicht immer sinnvoll, für ausgewählte Elemente und geologische Verhältnisse die im Vergleich zu den Hintergrundwerten Thüringer Böden relativ hohen Konzentrationen der Vorsorgewerte für eine Entscheidungsfindung heranzuziehen. Alle Maßnahmen sollten immer darauf abzielen, ein vergleichsweise niedriges Niveau zu erhalten und die Schwermetallgehalte nicht in Richtung Vorsorgewerte „aufzufüllen“.
- Obwohl bestimmte Substratgruppen ziemlich konstant niedrige Schwermetallgehalte aufweisen, ist selbst auf niedrigem Konzentrationsniveau eine Abstufung im Gehalt der Elemente möglich. Diese Kenntnis erlaubt möglicherweise einen relativ sensiblen Nachweis von anthropogenen Eingriffen in den Oberboden.
- Bestimmte, nur kleinräumig wirksame geologische Formationen können Böden hervorbringen, welche stark erhöhte Gehalte an ausgewählten Elementen aufweisen (ERNST u. a. 2004; RANK u. a. 2004). Deshalb ist in bestimmten Regionen beim Feststellen einer Anomalie im Schwermetallgehalt immer eine detailliertere geologische Beschreibung des beprobten Standortes anzustreben. Das trifft insbesondere auf Zechstein- und Keuperstandorte sowie die geologisch vielfältigen Areale des Thüringer Waldes und des Thüringer Schiefergebirges zu. So wurden beispielsweise im Ap-Horizont eines Standortes auf Kupferschiefer des Zechstein 3800 mg Pb/kg TS, 45 mg Cd/kg TS, 910 mg Cu/kg TS und 7500 mg Zn/kg TS vorgefunden. Mit hoher Wahrscheinlichkeit anthropogen verursacht sind jedoch im Vergleich zu Hintergrundwerten erhöhte Konzentrationen auf Löß-, Muschelkalk- oder Buntsandsteinstandorten.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte dienen die Hintergrundwerte für Schwermetalle in Thüringer Böden aktuell und perspektivisch folgenden Aufgabenstellungen:

- Beschreibung des aktuellen Bodenzustandes

Die Ergebnisse sind in die bundesweite Erhebung zu den Schwermetallgehalten der Böden eingeflossen und dienen somit der Schaffung bundeseinheitlicher Hintergrundwerte für anorganische Schadstoffe in Böden. Des weiteren erfolgte eine flächenhafte Darstellung im „Atlas der Schwermetallgehalte Thüringer Böden“. Dieses Kartenwerk gibt regionale Informationen zu Schwermetallgehalten bodenbildender Substrate und der daraus entstandenen Thüringer Böden und dokumentiert somit den Grad der Bodenbelastung zu Beginn der 90ziger Jahre. Grundlage der Darstellung sind die in der Bodenübersichtskarte von Thüringen (Maßstab 1 : 400.000) dargestellten Leitbodengesellschaften, welchen typische bodenbildende Substrate zugeordnet wurden.

- Bewertung von Bodenbelastungen

Die Hintergrundwerte fanden zur Ausgrenzung und Einstufung von Bodenbelastungen im Rahmen der für den Freistaat Thüringen katalogisierten Flächen mit vermutterter großflächiger Kontamination Verwendung.

Außerdem sind sie ein Baustein für die Bewertung der Böden in Thüringen hinsichtlich ihrer ökologischen Funktion.

- Vorsorgender Bodenschutz

Die Kenntnis der Hintergrundwerte ermöglicht bei der Erfassung und Bewertung von Eingriffen in das Schutzgut Boden im Rahmen von Planungs- und Zulassungsverfahren, dass Belange des Bodenschutzes stärker als bisher eingebracht werden können. Bei der Bewertung der voraussichtlichen Umweltauswirkung eines Vorhabens im Rahmen des vorsorgenden Bodenschutzes nach § 12 UVPG können sie als Referenz- oder Orientierungswerte dienen.

- Verwertung von organischen Abfällen und Umlagerung von Bodenaushub

Durch länderspezifische Hintergrundwerte werden die in verschiedenen Gesetzen oder Richtlinien verankerten Richt- /Grenz- oder Orientierungswerte, wie beispielsweise die in der LAGA festgelegten Zuordnungswerte Z0 für einen uneingeschränkten Wiedereinbau von mineralischen Abfällen, qualifiziert. Das hat insbesondere für Regionen, die geogen bedingt erhöhte Schwermetallgehalte aufweisen, hohe Bedeutung.

6 Zusammenfassung

Das Wissen um repräsentative Werte für allgemein verbreitete Hintergrundgehalte eines Stoffes im Boden ist wesentliche Voraussetzung für Entscheidungen und Handlungen im vorsorgenden Bodenschutz. Das betrifft den Umgang mit bestehenden Bodenbelastungen ebenso wie die Begrenzung neuer schädlicher Stoffeinträge.

Somit ist die Ermittlung von Hintergrundwerten für Schadstoffe in Böden eine wesentliche Aufgabe des vorsorgenden Bodenschutzes und Grundlage für die Beurteilung von Bodenbelastungen. Eine sichere Anwendung des Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG) setzt die umfassende Beschreibung des „Ist-Zustandes“ der Bodenbelastungen in Thüringen voraus.

Aus diesem Grund wurde in den neunziger Jahren im Auftrag des Thüringer Ministeriums für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt bzw. der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben systematisch der Schadstoffgehalt Thüringer Böden erfasst. In der vorliegenden Arbeit werden die unter Mitwirkung der Autorin erhobenen Konzentrationen zu Schwermetallen und Arsen in Thüringer Böden systematisiert, mit Ergebnissen anderer Einrichtungen harmonisiert (unter Berücksichtigung des Aufschlusses etc.), einer gemeinsamen Wertung zugeführt und daraus Hintergrundgehalte für Thüringer Böden und Substrate abgeleitet.

Insgesamt wurden Bodenuntersuchungsergebnisse von 3124 Flächen Thüringens verarbeitet, die folgenden Projekten zuzuordnen sind:

- (1) Schwermetallgehalte Thüringer Böden (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt - Profilaufschlüsse, zusätzlich Oberböden)
- (2) Bodenuntersuchung vor Klärschlammausbringung (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft - Oberböden)
- (3) Schwermetallerhebungsuntersuchungen (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft - Oberböden)
- (4) Schwermetallgehalt ausgewählter Bodenproben der systematischen Bodenuntersuchung (ehemaliges Institut für Pflanzenernährung und Ökotoxikologie – Oberböden)
- (5) Bodendauerbeobachtungsflächen (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft; Thüringer Landesanstalt für Umwelt – Profile und Oberböden)

Schon zu Beginn der Arbeiten kristallisierte sich heraus, dass der entscheidende Einflussfaktor auf die Schwermetallführung Thüringer Böden die geologische Herkunft des Ausgangsmaterials der Bodenbildung ist. Deshalb wurde darauf geachtet, dass die beprobten Flächen für die geologischen Verhältnisse in Thüringen repräsentativ sind und die geologische Vielfalt Thüringens entsprechend ihrer flächenmäßigen Bedeutung für die daraus gebildeten Böden erfassen.

Im Rahmen des durch das Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt initiierten Projektes (1) wurden Profilaufschlüsse für alle geologisch relevanten Substrate erarbeitet und der Schwermetallgehalt aller charakteristischen Horizonte beschrieben. Ergänzt und validiert wurden diese Analysen durch Ergebnisse aller weiteren in Thüringen durchgeführten Untersuchungsprogramme zum Schwermetallgehalt von Böden. Dadurch können über ausreichend hohe Probenzahlen repräsentative Aussagen zu Hintergrundgehalten Thüringer Böden getroffen werden.

Der Schwermetallgehalt von Substraten und daraus gebildeter Böden von insgesamt 24 mit ausreichenden n-Zahlen belegten Substratgruppen (vgl. Tabelle 1 bzw. Tabelle 58) wird charakterisiert und letztendlich zu folgenden 10 Substratgruppen zusammengefasst:

- Löß,
- Substrate des Keuper (ohne Gips),
- Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des Oberen Muschelkalk,
- Kalksteine, Mergelsteine, Dolomite des Muschelkalk,
- Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des Oberen Buntsandstein,
- Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein,
- Substrate des Zechstein,
- Substrate des Thüringer Waldes,
- Substrate des Thüringer Schiefergebirges,
- Basalte der Rhön.

Für diese Substratgruppen werden in Kapitel 4.4 Hintergrundwerte für Schwermetalle in Oberböden vorgestellt. Welche Substrate in die jeweilige Gruppen einfließen, ist der Tabelle 58 in Kapitel 3.2 zu entnehmen. Die Basalte der Rhön sind mangels ausreichender Probenzahlen nicht in die Liste der Hintergrundwerte aufgenommen. Über ihre Elementgehalte kann man sich in Kapitel 3.1.8 informieren. Auch Substrate ohne Flächenrepräsentanz finden an dieser Stelle keine Berücksichtigung. Beim Umgang mit diesen Werten ist zu beachten, dass es in bestimmten stratigraphischen Einheiten Anomalitäten geben kann, welche lokal begrenzt auch geogene Ursache für erhöhte Schwermetallgehalte im Boden sein können. In diesem Zusammenhang seien beispielsweise genannt die Kupferschieferhorizonte des Zechstein, die Eisenerzhorizonte des Oberen Ordovizium oder die Lederschiefer des oberen Ordovizium. Die meisten der untersuchten Substrate und daraus gebildeter Oberböden haben jedoch niedrige Elementgehalte, welche allgemein akzeptierte Richt-/ Grenzwerte bzw. die Vorsorgewerte der BBodSchV unterschreiten. Thüringer Böden weisen jedoch auf Grund

der vielfältigen geologischen Verhältnisse deutliche Abstufungen in den Schwermetallkonzentrationen auf:

- generell niedrig sind die Elementgehalte von Böden aus
 - Löß,
 - Kalksteinen, Mergelsteinen, Dolomiten des Muschelkalk,
 - Sandsteinen und tonig-sandigen Wechselfolgen des Buntsandstein.
- Demgegenüber schöpfen die Böden aus folgenden Substraten bei bestimmten Elementen z. B. die Vorsorgewerte der BBodSchV zu einem hohen Prozentsatz aus:
 - Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des Oberen Muschelkalk,
 - Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des Oberen Buntsandstein,
 - Substrate des Zechstein,
 - Substrate des Thüringer Waldes,
 - Substrate des Thüringer Schiefergebirges.

so dass mögliche Zusatzbelastungen kritischer zu betrachten sind.

Gravierende Unterschiede im Elementgehalt zwischen der Feinfraktion der Substrate und den daraus gebildeten Oberböden waren nicht zu beobachten, eine leichte Erhöhung des Cd-, Pb- und Zn-Gehaltes der Oberböden im Vergleich zum bodenbildenden Substrat ist auf anthropogene Einträge zurückzuführen. Bodenphysikalische / -chemische Eigenschaften treten in ihrer Bedeutung für den Elementgehalt weit hinter geogenen Gegebenheiten zurück.

7 Literaturverzeichnis

- ABOLLINO, O., ACETO, M., MALANDRINO, M., MENTASTI, E., SARZANINI, C., PUTRELLA, F. (2002): Heavy metals in agricultural soils from Piedmont, Italy. Distribution, speciation and chemometric data treatment. *Chemosphere* **49**, 545-557
- ADRIANO, D. C., W. W. WENZEL, J. VANGRONSVELD, N. S. BOLAN (2004): Role of assisted natural remediation in environmental cleanup. *Geoderma* **122**, 121-142
- ADRIANO, D.C (1986).: Trace Elements in the terrestrial environment.- Springerverl., N.Y., Berlin
- AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung.- Schweizerbart, Hannover, 4. Aufl.
- ALLOWAY, B. J. (1995): Heavy metals in soils, John Wiley and Sons, New Jersey
- AUBERT, H., PINTA, M. (1977): Trace elements in soils. Elsevier Amsterdam-Oxford-New York.
- AUERMAN, E., BÖRTITZ, S. (1977): Verunreinigungen von pflanzlichen Lebensmitteln durch bleihaltigen Straßenstaub. *Die Nahrung* **21**, 793-797
- BACHMANN, G. u. a. (1997): Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes. In: ROSENKRANZ/ EINSELE/ HARREß [Hrsg.]: Bodenschutz 24. Lief. IX/97.
- BACON; J. R., I. J. HEWITT (2005): Heavy metals deposited from the atmosphere on upland Scottish soils: Chemical and lead isotope studies of the association of metals with soil components. *Geo. et Cosmochim. Acta*, **69**, 19-33
- BALABANE, M., FAIVRE, D., VAN OORT, F., DAHMANI-MULLER, H. (1999): Mutual effects of soil organic matter dynamics and heavy metals fate in a metallophyte grassland. *Environ. Poll.* **105**, 45-54
- BALZER, D (1996): Eintrag von Blei, Cadmium und Quecksilber in die Umwelt: Bilanzen über Verbrauch und Verbleib; Bd 1: Blei und Cadmium. Forschungsbericht 106 01 047 für das Umweltbundesamt.
- BANAT, K. M., HOWARI, F. M., AL-HAMAD, A. A. (2005): Heavy metals in urban soils of central Jordan: Should we worry about their environmental risks? *Env. Research* **97**, 258-273
- BAÑUELOS, G. S., H. A. AJWA (1999): Trace elements in soils and plants : an overview. *J. Environ. Sci. Health*, **A34(4)**, 951-974
- BARTH, N., PÄLCHEN, W., RANK, G. HEILMANN, H. (1996): Bodenatlas des Freistaates Sachsen, Teil 1: Hintergrundwerte für Schwermetalle und Arsen in landwirtschaftlich genutzten Böden. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Radebeul
- BAUER, I., BOR, J. (1995): Lithogene, geogene und anthropogene Schwermetallgehalte von Lößböden an den Beispielen von Cu, Zn, Ni, Pb, Hg und Cd. *Mainzer Geowiss. Mitt.* **24**, 47-70
- BLUME, H.P. & BRÜMMER, G. (1987): Prognose des Verhaltens von Schwermetallen in Böden mit einfachen Feldmethoden. *Mitteil. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* **53**, 111-117.
- BLUME, H.-P. (1992): Handbuch des Bodenschutzes.- Ecomed, Frankfurt, 2.Aufl.

- BMNUR Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1992): Abfallklärslammverordnung (AbfKlärV).
- BMNUR Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1998): Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG).
- BMNUR Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1999): Verordnung zur Durchführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, BBodSchV).
- BOWEN, H. J. M. (1966): Trace elements in biochemistry. Acad. Press New York
- BOWEN, H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Acad. Press, New York
- BRÜMMER, G. W., GERTH, J., HERMS, U. (1986): Heavy metal species, mobility and availability in soils. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. **149**, 382-398
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1995): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden
- CHAPMAN, P. M., WAANG, F., JANSSEN, C.R., GOULET, R. R., KAMUNDE, C. N. (2003): Conducting ecological risk assessments of inorganic metals and metalloids: current status. Hum. Ecol. Risk. Assess. **9**, 641-697
- CHAPMAN, P. M., WANG, F. (2000): Issues in ecological risk assessment of inorganic metals and metalloids. Hum. Ecol. Risk. Assess. **6**, 965-988
- CHEN, M., MA, Q. L., HARRIS W. G. (1999): Baseline concentrations of 15 trace elements in Florida surface soils. J. Environ. Qual. **28**, 1173-1181
- CHIRENJE, T., MA, Q. L. (1999): Effects of acidification on metal mobility in a papermill-ash amended soil. J. Environ. Qual. **28**, 760-766
- CROCKETT, A. B. (1998): Background levels of metals in soils, McMurdo station, Antarctica. Environ. Monitor. Assess. **50**, 289-296
- CUPIT, M., LARSSON, O., DE MEEUS, C., EDULJEE, G. H., HUTTON, M. (2002): Assessment and management of risks arising from exposure to cadmium in fertilisers – II. Sci. Total Environ. **291**, 189-206
- DÄMMGEN, U., LÜTTICH, M., SCHOLZ-SEIDEL, C. (2000): Atmosphärische Depositionen von Cadmium in landwirtschaftlichen Nutzflächen in Deutschland. Landbau-forschung Völkenrode **50**, 103-131
- DANKWARTH, F., GERTH, J. (2002): Abschätzung und Beeinflussbarkeit der Arsenmobilität in kontaminierten Böden. Acta hydrochim. hydrobiol. **30**, 1-8
- DE HAAN, S., RETHFELD, H., VAN DRIEL, A. (1985): Acceptable levels of heavy metals (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) in soils depending on their clay and humus content and cation-exchange-capacity. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid Haren/Gr., Rapp. 9.
- EINAX, J., KRIEG, M. (1995): Zeitliche Entwicklung und aktuelle Beurteilung der Bodenkontamination durch Blei im Umfeld eines glasverarbeitenden Werkes in Thüringen. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. **158**, 355-359
- EIKMANN, TH., KLOKE, A. (1991): Nutzungs- und schutzbezogene Orientierungsdaten für (Schad-)Stoffe in Böden.- Mitt. VDLUFA 1991, Sonderdruck
- ERNST, W. H. O., KNOLLE, F., KRATZ, S., SCHNUG, E. (2004): Aspects of ecotoxicology of heavy metals in the Harz region – a guided excursion. Landbau-forschung Völkenrode 2/2004 **54**; 53-71
- FIEDLER, H. J., HOFMANN, W. (1991): Bodenformen über Muschelkalk im Thüringer Becken. Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **64**, 49-77

- FINGER, W., H. KLAMBERG (1993): Wechselwirkungen zwischen Boden-Huminstoffen und Metall-Ionen III. Komplexbildung von Boden-Huminsäuren und Boden-Fulvosäuren mit Metall-Ionen. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **156**, 19-24
- FINGER, W., KLAMBERG, H. (1993): Wechselwirkungen zwischen Boden-Huminstoffen und Metall-Ionen III. Komplexbildung von Boden-Huminsäuren und Boden-Fulvosäuren mit Metall-Ionen. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **156**, 19-24
- FISCHER, W. R. 1987: Das Verhalten von Spurenelementen im Boden. *Naturwissenschaften* **74**, 63-70
- FRANCOIS, M., DUBOURGUIER, H.-C., LI, D., DOUAY, F. (2004) : Prediction of heavy metal solubility in agricultural topsoils around two smelters by the physico-chemical parameters of the soils. *Aquat. Sci.* **66**, 78-85
- FRIESL, W., LOMBI, E., HORAK, O., WENZEL, W. W. (2003): Immobilization of heavy metals in soils using inorganic amendments in a greenhouse study. *J. Plant Nutr. Soil Sc.* **166**, 191-196
- GARRETT, R. G. (2000): Natural sources of metals to the environment. *Hum. Ecol. Risk. Assess.* **6**, 945-963
- GERTH, J., BRÜMMER G. (1983): Adsorption und Festlegung von Nickel, Zink und Cadmium durch Geothit. *Fresenius Z. Anal Chem* **316**, 616-620
- GREINERT, A., GREINERT, H., KOCHMIT, A. (1995): Der Einfluss der Zugaben verschiedener Tone zum Sandboden auf die Schwermetallsorption. *Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Gesellsch.* **76**, 269-272
- GRÜN, M., MACHELETT, B., KRAUSE, O., KÖNIG, V., SCHURICHT, W. (1991): Untersuchung zur Belastung landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzter Böden Thüringens mit Schwermetallen (Cadmium, Blei, Nickel, Chrom, Quecksilber, Kupfer und Zink), Forschungsbericht des Institutes für Pflanzenernährung und Ökotoxikologie und der LUFA Thüringen, Jena
- GUPTA; S., HÄNI, H., SCHINDLER, P. (1981): Mobilisierung und Immobilisierung von Metallen durch die organische Bodensubstanz; Schlußbericht des Forschungsprojektes, 48 S.
- HAHNE, K. (1981): Zur Verteilung von Spurenelementen in pelitischen Sedimenten aus dem Phanerozoikum der DDR, dargestellt am Beispiel von Typusprofilen.-Diss. A, Bergakademie Freiberg
- HAMILTON, E. I. (1994): The geobiochemistry of cobalt. *Sci. Total Environ.* **150**, 7 - 39
- HARTER, R. D., NAIDU, R. (1995): Role of metal-organic complexation in metal sorption by soils. *Adv. in Agron.* **55**
- HAUENSTEIN, M., BOR, J., BAUER, I., HUTZLER-GARDT, U., ROTH, C. (1996): Quantifizierung der natürlichen Boden-Schwermetallgehalte und der anthropogenen Kontamination, Ermittlung des Gefährdungspotentials. *Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Bericht 2*, 213-273
- HE, Q. B., SINGH, B. R. (1993): Effect of organic matter on the distribution, extractability and uptake of cadmium in soils. *Journ. Soil Sci.* **44**, 641-650
- HILLER, D. A., BRÜMMER, G. W. (1997): Mikrosondenuntersuchungen an unterschiedlich stark mit Schwermetallen belasteten Böden. 2. Gehalte an Schwermetallen und anderen Elementen in Huminstoffaggregationen, Streustoffen und Holzkohlepartikeln. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **160**, 47-55

- HINDEL, R., FLEIGE, H. (1991): Schwermetalle in Böden der Bundesrepublik Deutschland - Geogene und anthropogene Anteile.- Forschungsbericht Nr. 107 01 001, UBA-FB 91-020, Umweltbundesamt Berlin
- HINDEL, R., FLEIGE, H. GEHRT, E. WEIDNER, E. (1993): Kennzeichnung der Empfindlichkeit der Böden gegenüber Schwermetallen unter Berücksichtigung von lithogenem Grundgehalt, pedogener An- und Abreicherung sowie anthropogener Zusatzbelastung. Arbeitsblock IV/2: Kartiertechnisches Konzept zur flächenhaften Erfassung von Schwermetallgehalten in Böden.- Forschungsbericht Nr. 107 01 001/02, Umweltbundesamt Berlin
- HINDEL, R., GEHRT, E., KANTOR, W., WEIDNER, E. (1998): Spurenelementgehalte in Böden Deutschlands: Geowissenschaftliche Grundlagen und Daten. In: ROSENKRANZ/ EINSELE/HARREß [Hrsg.]: Bodenschutz 25. Lief. I/98.
- HORNBURG, V., BRÜMMER, G. W. (1993): Verhalten von Schwermetallen in Böden: 1. Untersuchungen zur Schwermetallmobilität. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. **156**, 467-477
- HORNBURG, V., LÜER, B. (1999): Vergleich zwischen Total- und königswasserextrahierbaren Elementgehalten in natürlichen Böden und Sedimenten. J. Plant Nutr. Soil. Sci. **162**, 131-137
- KTBL (2005): Assessment and reduction of heavy metal input into agro-ecosystems. KTBL-Schrift, Band 432 Final report of the EU-Concerted Action AROMIS. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
- HÜTTL, R. F. (1998): Earthcare. Bodenschutz 2, 37 S.
- HÜTTL, R. F. (1999): Bodenschutz muss Zukunftsaufgabe bleiben. Berlin: E. Schmidt, Bodenschutz 3, S. 8-9
- IRGOLIC, K. J. (1994): ARSEN: Bindungsformen in Böden, löslichkeitsbestimmende Faktoren, Erfassung aktuell gelöster und mobilisierbarer Anteile. In: Beurteilung von Schwermetallen von Belastungsgebieten: Arsen, Blei und Cadmium. Hrsg. G. Kreysa, DECHEMA, Frankfurt/Main
- JANSSEN, R. P. T., PEIJNENBURG, W., POSTHUMA, L., VAN DEN HOOP, M. (1997): Equilibrium partitioning of heavy metals in dutch field soils. I. Relationship between metal partition coefficients and soil characteristics. Env. Tox. Chem., **16**, 2470-2478
- JONECK, M., R. PRINZ (1993): Schwermetallgehalte des Maintales und angrenzender Nebentäler. GLA-Fachberichte 10
- KABATA-PENDIAS, A. (2001): Trace metals in soils - agricultural and ecological assessment. Biogeochemistry and geochemical ecology, Russian Academy of Science, Moscow
- KABATA-PENDIAS, A. (2004) : Soil - plant transfer of trace elements – an environmental issue. Geoderma **122**, 143-149
- KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, A. (2001) : Trace elements in soils and plants, 3rd ed. CRC Press, Boca Raton, FL
- KARACA, A. (2004): Effect of organic wastes on the extractability of Cadmium, Copper, nickel and zinc in soil. Geoderma **122**, 297-303
- KLOKE, A. (1980): Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden.- Mitt. VDLUFA **1-3**

- KLOKE, A. (1986): Grundlage für tolerierbare Gehalte an Schwermetallen in Böden.- in: Minist. f. Ernähr., Landw., Umwelt u. Forsten Baden-Württemberg, Forum Bodenschutz
- KOCH, D. (1993): Erfassung und Bewertung der Schwermetallmobilität über Sickerwässer aus Böden hoher geogener Anreicherung und zusätzlicher Belastung. Dissertation an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen
- KÖNIG, W. u. a. (2003): Grundsätze des vorsorgenden Bodenschutzes zur Begrenzung von Stoffeinträgen in den Boden. In: ROSENKRANZ/ EINSELE/ HARREß [Hrsg.]: Bodenschutz 39. Lief. XII/03.
- KÖSTER, W., MERKEL D. (1985): Schwermetalluntersuchung landwirtschaftlich genutzter Böden und Pflanzen Niedersachsens. Landwirtschaftskammer Hannover
- KUNTZE, H. (1986): Behavior of Heavy Metals in Soils. In: Geo-Resources and Environment. Hrsg. F. Bender, Stuttgart
- LABO (1997b): Cadmiumanreicherung in Böden – Abschätzung der Ein- und Austräge von Cadmium über alle Pfade und Bewertung der gegenwärtigen Bodenbelastung. Bericht an die 49. Umweltministerkonferenz.
- LABO Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1995): Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz. Hintergrund- und Referenzwerte für Böden, Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München.
- LABO Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1997a): Eckpunkte zur Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfades Bodenverunreinigung/Altlasten – Pflanze. In: Rosenkranz/Einsele/Harreß (Hrsg.): Bodenschutz 28. Lief. XII/98
- LABO Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1998): Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz. Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. . In: ROSENKRANZ/ EINSELE/HARREß [Hrsg.]: Bodenschutz 28. Lief. XII/98.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1994): Schwermetallgehalte in Böden aus verschiedenen Ausgangsgesteinen Baden-Württembergs. Materialien zum Bodenschutz, Band 3
- LEE, T., YAO, C.-L. (1970): Abundance of chemical elements in the earth's crust and its major tectonic units. Int. Geol. Rev. **12**, 778-786
- LEHN, H., ROPP, M. (1987): Schwermetalle im Boden und die Bestimmung ihrer Pflanzenverfügbarkeit. Angew. Botanik **61**, 467-481.
- LICHTFUSS, R. (1988): Geogene, pedogene und anthropogene Schwermetallgehalte in Böden. In: DECHEMA Sonderbroschüre 1988.
- LIEBE, F., WELP, G., BRÜMMER, G. W. (1997): Mobilität anorganischer Schadstoffe in Böden Nordrhein-Westfalens. In: Landesumweltamt NRW (Hrsg.): Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Bd. 2.
- LITZ, N. (2005): Verfahren zur Bewertung von flächenhaften Einträgen in Böden im Hinblick auf die Grundwasserbelastung. In: LITZ, WILCKE, WILKE: Bodengefährdende Stoffe Bewertung, Stoffdaten, Ökotoxikologie, Sanierung. Ecomed Verlagsgesellschaft, 2. Erg.Lfg.
- LOMBI, E., HAMON, R. E., MCGRATH, S. P., MCLAUGHLIN, M. J. (2003): Lability of Cd, Cu and Zn in polluted soils treated with lime, beringite and red mud and identification of a non-labile colloidal fraction of metals using isotopic techniques. Environ. Sci. Technol. **37**, 979-984

- MANN, S. S., RATE, A. W., GILKES, R. J. (2002): Cadmium accumulation in agricultural soils in Western Australia. *Water, Air, Soil Poll.* **141**, 281-297
- MATSCHULLAT, J., OTTENSTEIN, R., REIMANN, C. (2000): Geochemical background – can we calculate it? *Env. Geology* **39**, 990-1000
- MCBRIDE, M. B. (1989): Reactions controlling heavy metal solubility in soils; Springer, *Adv. Soil Sci.* **10**, 56 S.
- MCBRIDE, M., SAUVE, S., HENDERSHOT, W. (1997): Solubility control of Cu, Zn, Cd and Pb in contaminated soils. *Eur. J. of Soil Sc.* **48**, 337-346
- MCLAUGHLIN, M. J.; R. E. HAMON, R. G. MCLAREN; T. W. SPEIR, S. L. ROGERS (2000): Review: A bioavailability-based rationale for controlling metal and metalloid contamination of agricultural land in Australia and New Zealand. *Aust. J. Soil Res.* **38**, 1037-1086
- MERIAN, E. (1984): *Metalle in der Umwelt.*- Verl. Chemie, Weinheim
- MERZ, C., BRÜHL, H. (1993): Mobilitätsuntersuchungen mit Cd, Zn, Fe, Mn unter wechselnden Milieubedingungen mit Hilfe radioaktiver Tracer. *Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Gesellsch.* **72**, 405-408
- MYERS, J., K. THORBJORNSEN (2004): Identifying metals contamination in soil: a geochemical approach. *Soil & Sediment Cont.* **13**, 1-16
- NRIAGU, J. (1989): *Environment*, **32** (7), 7-33
- ONYATTA, J. O., HUANG, P. M. (1999): Chemical speciation and bioavailability index of cadmium for selected tropical soils in Kenya. *Geoderma* **91**, 87-101
- PLUQUET, E. (1983): Die Bedeutung des Tongehaltes und des pH-Wertes für die Schwermetallaufnahme einiger Kulturpflanzen aus kontaminierten Böden, Umweltbundesamt – Texte 40/83, 112 S.
- PLUQUET, E. (1984): Die Bedeutung des Tongehaltes und des pH-Wertes für die Schwermetallaufnahme einiger Kulturpflanzen aus kontaminierten Böden. Forschungsbericht UBA Berlin 1984
- PORTER, S. K., K. G. SCHECKEL, C. A. IMPELLITTERI, J. A. RYAN 2004: Toxic metals in the environment: Thermodynamic considerations for possible immobilization strategies for Pb, Cd, As and Hg. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* **34**, 495-604
- PRECHT, M., KRAFT, R. (1993): *Biostatistik*, Band 2, Verlag Oldenbourg, 5. Aufl.
- QUIN, F., SHAN, X., WEI, B. (2004): Effects of low-molecular-weight organic acids and residence time on desorption of Cu, Cd and Pb from soils. *Chemosphere* **57**, 253-263
- RANK, G., KARDEL, K., PÄLCHEN, W. (1997): Das Bodenmeßprogramm des Freistaates Sachsen. Materialien zum Bodenschutz, Landesanstalt für Umwelt und Geologie Radebeul
- RANK, G., KARDEL, K., WEIDENDÖRFER, H. (2004): Geochemische Untersuchungen an Hochwasserschlämmen und Auenböden in Sachsen. *Z. Wasser und Abfall* 3/2004
- RAU, D., SCHRAMM, H. PANTEL, H. (1972): Bodengeologische Übersichtskarten Bezirke Erfurt, Gera, Suhl i.M.1: 100.000 Gotha/ Berlin
- RAU, D., SCHRAMM, H., WUNDERLICH, J. (1995): Die Leitbodenformen Thüringens, - Geowissenschaftliche Mitteilungen von Thüringen, Beiheft 3, S. 1-98, TLG Weimar

- REIMANN, C., SIEWERS, U., TARVAINEN, T., BITYUKOVA, L., ERIKSSON, J., GILUCIS, A., GREGORAUSKIENE, V., LUKASHEV, V., MATINIAN, N. N., PASIECZNA, A. (2000): Baltic soil survey: total concentration of major and selected trace elements in arable soils from 10 countries around Baltic Sea. . Sci. Total Environ. 257, 155-170
- RENGER, M., MEKIFFER, B. (1998): Belastungen und Gefährdungspotentiale urbaner Böden. Bodenökologie & Bodengenese **26**, S. 3-22
- RIEUWERTS, J., THORNTON, I., FARAGO, M., ASHMORE, M. (1998): Quantifying the influence of soil properties on the solubility of metals by predictive modelling of secondary data. Chem. Spec. and Bioavail. **10**(3), 83-94
- RÖMKENS, P. F. A. M., SALOMONS, W. (1998): Cd, Cu and Zn solubility in arable and forest soils: Consequences of land use changes for metal mobility and risk assessment; Soil Sci. **163** (11), 859-871
- RUPPERT, H., JONECK, M. (1988): Anthropogene Schwermetallanreicherungen in bayerischen Böden vor dem Hintergrund der natürlichen Grundgehalte. Materialienband 54, München
- RUPPERT, H., SCHMIDT, F. (1987): Natürliche Grundgehalte und anthropogene Anreicherungen von Schwermetallen in Böden Bayerns.- GLA-Fachberichte 2, München
- RUPPERT, H., SCHMIDT, F., JONECK, M., JERZ, H., DREXLER, O. (1988): Schwermetallgehalte in Böden des Donautales, GLA-Fachberichte 4, München
- RUPPERT, H., SCHMIDT, F., SCHMIDT, R. (1991): Bereiche natürlicher Spurenmetallgehalte in den häufigsten Böden Bayerns, GLA-Fachberichte 5, München
- SAUERBECK, P., STYPEREK, P. (1987): Schwermetallakkumulation durch Klärschlammanwendung - Ergebnisse aus 25 langjährigen Feldversuchen. VDLUFA Kongreßband 1987.
- SAUVE, S., NORWELL, W.A., MCBRIDE, M., HENDERSHOT, W. (2000): Speciation and complexation of cadmium in extracted soil solutions. Environ Sci Technol. **34**, 291-296
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde.- Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin, 15. Auflage
- SCHMIDT, R., BALLA, H., SCHMIED, F., SCHOLZ, B. (1997); Schwermetallgehalte brandenburgischer Böden. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Titelreihe Nr. 19
- SCHRAMM, H. (1993): Karte + Legende der Bodenlandschaften Thüringens, TLG
- SCHÜTZE, G., BECKER, R., DÄMMGEN, U., NAGEL, H.-D., SCHLUTOW, A., WEIGEL, H.-J. (2003): Risikoabschätzung der Cadmium-Belastung für Mensch und Umwelt infolge der Anwendung cadmiumhaltiger Düngemittel. Landbauforschung Völkenrode **53**, 63-170
- SCHWARZ, A., WILCKE, W., STYK, J., ZECH, W. (1999): Heavy metal release from soils in batch pH_{stat} experiments. Soil Sci. Soc. Am. J. **63**, 290-296
- SEHM, K. u.a. (1989): Einschätzung Rohstoffführung Grundgebirgseinheiten Südteil DDR - Thüringisch-Vogtländisches Schiefergebirge.- Abschlußbericht Bd. 1+2, Zentr. Geol. Inst. Berlin,
- SEIDEL, G. u.a. (1995): Die Geologie von Thüringen - E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

- SENESI, G. S., BALDASSARRE, G., SENESI, N., RADINA, B. (1999): Trace element inputs into soils by anthropogenic activities and implications for human health. *Chemosphere* 39, 343-377
- SMITH, E., NAIDU, R., ALSTON, A. M. (1998): Arsenic in the Soil Environment: A Review. *Adv. in Agr.* **64**, 149-195
- SPIEGEL, H., ZETHNER, R., GOODCHILD, R., DACHLER, M., KERNMAYER, I. (2003): Cadmium in der Umwelt – ein Überblick aus Österreich. *Bodenkultur* 54, 83-91
- STOEPPLE, M. (2004): Arsenic. In: Merian, E., M. Anke, M. Ihnat & M. Stoeppler (Hrsg.): *Elements and their compounds in the Environment*. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
- SUTTNER, Th., AUßENDORF, M., MARTIN, W. (1998): Hintergrundwerte anorganischer Problemstoffe in Böden Bayerns. *GLA-Fachberichte* 16, München
- TILLER, K. G. (1989): Heavy metals and their environmental significance. *Adv. Soil Sci.* **9**, 113-144
- TLU Thüringer Landesanstalt für Umwelt (1997): Ableitung von nutzungsabhängigen Normwerten für organische Schadstoffe in den Böden des Freistaates Thüringen - Abschlußbericht.
- TMLNU Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (1994): „Schwermetallgehalte Thüringer Böden - Ausstattung und Belastbarkeit Thüringer Böden mit Schwermetallen.“ *Geogene Grundgehalte und Hintergrundwerte. Ergebnisbericht 1994.*
- TMLNU Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (1993 - 1996): „Schwermetallgehalte Thüringer Böden - Ausstattung und Belastbarkeit Thüringer Böden mit Schwermetallen.“ *Geogene Grundgehalte und Hintergrundwerte. Abschlußbericht 1996.*
- TYE, A. M., YOUNG, S., CROUT, N. M. J., ZHANG, H., PRESTON, S., ZHAO, F. J., MCGRATH, S. P. (2004): Speciation and solubility of Cu, Ni and Pb in contaminated soils. *Eur. J. of Soil Sc.* **55**, 579-590
- UBA Umweltbundesamt (1996): Vorsorgewerte zum Schutz des Bodens
- UTERMANN, J., RABER, B., GÄBLER, O., HINDEL, H.-E., MELZER, R., NAGEL, I. O. (2003B): Charakterisierung von Böden mit naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten im Hinblick auf eine erhebliche Freisetzung von Schadstoffen nach BBodSchV. Abschlussbericht zum UBA-F&E-Vorhaben 201 71 242
- UTERMANN, J., RABER, B., DÜWEL, O., MÖLLER, A., SIEBNER, C. (2003A): Überprüfung und Fortschreibung der Vorsorgewerte für Böden nach BBodSchV. Teilvorhaben I: Ableitung flächenrepräsentativer Hintergrundwerte für anorganische Stoffe in Unterböden und Untergrund. Forschungsbericht 201 71 242.
- WEIDNER, E., GEHRT, E. (1993): Kartierung und Probenahme im Rahmen von Schwermetalluntersuchungen.- abgestimmter Entwurf: 27.9.1993, 2 S., UBA-Bericht: Kartiertechnisches Konzept zur flächenhaften Erfassung von Schwermetallgehalten in Böden. Manuskript
- WELP, G., BRÜMMER, G. W. (1999): Adsorption and solubility of ten metals in soil samples of different composition; *J. Plant Nutr. Soil Sci.* **162**, 155-161
- WELP, G. (2004): Cadmium. In: LITZ, WILCKE, WILKE: *Bodengefährdende Stoffe Bewertung, Stoffdaten, Ökotoxikologie, Sanierung*. Ecomed Verlagsgesellschaft

- WILCKE, W., DÖHLER, H. (1995): Schwermetalle in der Landwirtschaft. KTBL-Arbeitspapier 217, Kuratorium für Technik und Bauwesen, Darmstadt
- WILCKE, W. (2004): Zink. In: LITZ, WILCKE, WILKE: Bodengefährdende Stoffe Bewertung, Stoffdaten, Ökotoxikologie, Sanierung. Ecomed Verlagsgesellschaft
- WILCKE, W., WILKE, B.-M. (2004): Prozesse im Boden. In: LITZ, WILCKE, WILKE: Bodengefährdende Stoffe Bewertung, Stoffdaten, Ökotoxikologie, Sanierung. Ecomed Verlagsgesellschaft
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT „BODENSCHUTZ“ (2000): Wege zum vorsorgenden Bodenschutz – Fachliche Grundlagen und konzeptionelle Schritte für eine erweiterte Boden-Vorsorge. Gutachten für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- WUNDERLICH, J. (1997): Zur Modifikation des geogenen Schwermetallangebotes im Oberen Muschelkalk durch Verwitterung und Pedogenese in Muschelkalkböden des Thüringer Beckens. Geowiss. Mitt. von Thüringen **5**, 149-206
- YIN, Y., ALLEN, H. E., LI, Y., HUANG, C. P., SANDERS, P. F. (1996): Adsorption of Mercury(II) by Soil: Effects of pH, Chloride and Organic Matter. J. Environ. Qual. **25**, 837-844
- ZAUNER, G. (1996): Schwermetallgehalte und -bindungsformen in Gesteinen und Böden aus südwestdeutschem Jura und Keuper. Hohenheimer Bodenkundl. Hefte **31**

**Anlage 1: Analysenergebnisse und statistische Parameter
der Bodenproben des Projektes „Schwermetall-
bodenkataster“**

Anlage 1.1: Analysenergebnisse und statistische Parameter der unter geologisch-lithologischen Gesichtspunkten gruppierten Substrate

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1a: Urdaten Löß und Lößderivate (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 1b: Statistik Löß und Lößderivate (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2.1a: Urdaten Tonsteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2.1b: Statistik Tonsteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2.1c: Urdaten Tonsteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 2.1d: Statistik Tonsteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 2.2a: Urdaten Kalksteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2.2b: Statistik Kalksteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2.2c: Urdaten Kalksteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 2.2d: Statistik Kalksteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 2.3a: Urdaten Gipse des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2.3b: Statistik Gipse des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2.3c: Urdaten Gipse des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 2.3d: Statistik Gipse des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 2.4a: Urdaten Sandsteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2.4b: Statistik Sandsteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2.4c: Urdaten Sandsteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 2.4d: Statistik Sandsteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 2.5a: Urdaten Mergel des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2.5b: Statistik Mergel des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2.5c: Urdaten Mergel des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 2.5d: Statistik Mergel des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 3.1a: Urdaten Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Fließerden des Ob. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 3.1b: Statistik Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Fließerden des Ob. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 3.1c: Urdaten Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Fließerden des Ob. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 3.1d: Statistik Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Fließerden des Ob. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)
- Tabelle 3.2a: Urdaten Mergekalke, Mergel des Mittl. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 3.2b: Statistik Mergekalke, Mergel des Mittl. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 3.2c: Urdaten Mergekalke, Mergel und Kalksteine des Mittl. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 3.2d: Statistik Mergekalke, Mergel und Kalksteine des Mittl. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 3.3a: Urdaten Kalkstein, Wellenkalk des Unt. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 3.3b: Statistik Kalkstein, Wellenkalk des Unt. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 3.3c: Urdaten Kalkstein, Wellenkalk des Unt. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 3.3d: Statistik Kalkstein, Wellenkalk des Unt. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 4.1a: Urdaten Tonsteine, Kolluvien des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 4.1b: Statistik Tonsteine, Kolluvien des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 4.1c: Urdaten Tonsteine, Kolluvien des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 4.1d: Statistik Tonsteine, Kolluvien des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 4.2a: Urdaten Gipse des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 4.2b: Statistik Gipse des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 4.2c: Urdaten Gipse des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 4.2d: Statistik Gipse des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 5a: Urdaten Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 5b: Statistik Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 5c: Urdaten Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 5d: Statistik Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 6.1.1a: Urdaten Mergelstein, Tonstein kalkhaltig des Zechstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 6.1.1b: Statistik Mergelstein, Tonstein kalkhaltig des Zechstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 6.1.1c: Urdaten Mergelstein, Tonstein kalkhaltig des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 6.1.1d: Statistik Mergelstein, Tonstein kalkhaltig des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 6.2c: Urdaten Gipse des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 6.2d: Statistik Gipse des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 6.3a: Urdaten Kalksteine, Dolomite des Zechstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 6.3b: Statistik Kalksteine, Dolomite des Zechstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 6.3c: Urdaten Kalksteine, Dolomite des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 6.3d: Statistik Kalksteine, Dolomite des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 7.1a: Urdaten Sandsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 7.1b: Statistik Sandsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 7.1c: Urdaten Sandsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 7.1d: Statistik Sandsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 7.2a: Urdaten Tonsteine, Schluffsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 7.2b: Statistik Tonsteine, Schluffsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 7.2c: Urdaten Tonsteine, Schluffsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 7.2d: Statistik Tonsteine, Schluffsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 7.3a: Urdaten Porphyre... des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 7.3b: Statistik Porphyre... des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 7.3c: Urdaten Porphyre... des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 7.3d: Statistik Porphyre... des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Tabelle 8.1a: Urdaten Granite des Untercarbon (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 8.1b: Statistik Granite des Untercarbon (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 8.1c: Urdaten Granite des Unterarbon (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.1d: Statistik Granite des Unterarbon (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.2.1a: Urdaten Gneise des Kambrium (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.2.1b: Statistik Gneise des Kambrium (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.2.1c: Urdaten Gneise des Kambrium (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.2.1d: Statistik Gneise des Kambrium (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.2.2a: Urdaten phyllitische und kontaktmetamorphe Tonschiefer des Unterarbon, Kambrium und Proterozoikum (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.2.2b: Statistik phyllitische und kontaktmetamorphe Tonschiefer des Unterarbon, Kambrium und Proterozoikum (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.2.2c: Urdaten phyllitische und kontaktmetamorphe Tonschiefer des Unterarbon, Kambrium und Proterozoikum (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.2.2d: Statistik phyllitische und kontaktmetamorphe Tonschiefer des Unterarbon, Kambrium und Proterozoikum (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.3a: Urdaten Tonschiefer, Ton- und Schluffsteine des Unterarbon (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.3b: Statistik Tonschiefer, Ton- und Schluffsteine des Unterarbon (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.3c: Urdaten Tonschiefer, Ton- und Schluffsteine des Unterarbon (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.3d: Statistik Tonschiefer, Ton- und Schluffsteine des Unterarbon (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.4a: Urdaten Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechsellagerungen (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.4b: Statistik Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechsellagerungen (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.4c: Urdaten Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechsellagerungen (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.4d: Statistik Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechsellagerungen (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.6a: Urdaten Diabas, Diabastuffe und -tuffite des Oberdevon (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.6b: Statistik Diabas, Diabastuffe und -tuffite des Oberdevon (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.6c: Urdaten Diabas, Diabastuffe und -tuffite des Oberdevon (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.6d: Statistik Diabas, Diabastuffe und -tuffite des Oberdevon (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.7.1a: Urdaten Kalksteine des Silur und Devon (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.7.1b: Statistik Kalksteine des Silur und Devon (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 8.7.1c: Urdaten Kalksteine des Silur und Devon (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 8.7.1d: Statistik Kalksteine des Silur und Devon (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 9.1a: Urdaten Basalte der Rhön (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 9.1b: Statistik Basalte der Rhön (Substrat, Fraktion < 2 mm)
 Tabelle 9.1c: Urdaten Basalte der Rhön (Substrat, Fraktion > 2 mm)
 Tabelle 9.1d: Statistik Basalte der Rhön (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Anlage 1.1

Tabelle 1a: Urdaten Löß und Lößderivate (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0148	BJ93	7/4/2	28,0	6,5	0,2	6,4	0,5	18,6	0,290	6,20	22,0	0,110	67,0	49,0	12,0	17,0	0,014	0,23	60,0	
0460	BJ94	2/6/4	22,0	-	-	6,8	4,3	14,3	0,240	8,10	17,0	0,084	52,0	25,0	13,0	18,0	0,025	0,43	66,0	
0461	BJ94	2/6/5	15,0	-	-	6,8	3,0	9,6	0,220	6,70	17,0	0,086	45,0	20,0	11,0	12,0	0,008	0,35	50,0	
0462	BJ94	2/6/6	19,0	-	-	6,7	5,7	11,0	0,370	6,30	18,0	0,091	46,0	19,0	11,0	13,0	0,025	0,34	45,0	
0469	BJ94	3/1/7	16,0	22,8	-	7,4	n.b.	15,2	0,310	7,10	17,0	0,110	60,0	30,0	15,0	20,0	0,030	0,37	59,0	
0476	BJ94	3/2/6	18,0	31,6	-	7,5	n.b.	14,1	0,240	6,70	16,0	0,110	35,0	24,0	11,0	14,0	0,025	0,30	38,0	
0477	BJ94	3/2/7	11,0	23,1	-	7,6	n.b.	12,6	0,220	5,70	15,0	0,110	35,0	26,0	12,0	14,0	0,008	0,31	38,0	
0481	BJ94	3/3/3	24,0	5,8	2,2	7,5	0,5	21,8	0,120	7,60	18,0	0,150	46,0	26,0	13,0	16,0	0,030	0,42	52,0	
0482	BJ94	3/3/4	23,0	17,4	1,4	7,6	n.b.	17,3	0,190	6,40	15,0	0,110	34,0	22,0	12,0	18,0	0,025	0,40	40,0	
0483	BJ94	3/3/5	23,0	16,9	-	7,6	n.b.	16,7	0,180	5,20	17,0	0,100	39,0	30,0	13,0	13,0	0,020	0,37	66,0	
0491	BJ94	4/2/4	20,0	11,2	-	7,7	n.b.	16,8	0,350	5,70	17,0	0,120	37,0	26,0	13,0	14,0	0,011	0,34	41,0	
0538	BJ94	5/4/4	27,0	-	-	5,6	4,0	16,4	0,210	3,80	19,0	0,060	56,0	30,0	16,0	16,0	0,020	0,44	62,0	
0539	BJ94	5/4/5	21,0	-	-	5,4	11,5	12,2	0,250	7,10	16,0	0,066	45,0	24,0	11,0	11,0	0,012	0,34	48,0	
0916	BJ95	1/1/4	22,0			3,5	12,0	36,8	0,034	6,00	7,7	0,140	71,0	28,0	10,0	47,0	0,014	0,74	52,0	
0918	BJ95	1/1/5	14,0			3,6	8,9	10,9	0,350	3,80	10,0	0,082	63,0	24,0	10,0	31,0	0,008	0,72	51,0	
0920	BJ95	1/1/6	11,0			3,7	8,4	10,0	0,210	0,03	12,0	0,100	59,0	24,0	8,6	25,0	0,008	0,46	56,0	
1278	RM	74	20,2	10,3	2,8	7,6			0,160	7,10	17,0	0,096	38,0	25,0	7,9	15,0	0,033	0,32	43,0	
1279	RM	75	21,7	18,2	1,5	7,7			0,230	5,10	14,0	0,063	32,0	23,0	7,1	13,0	0,042	0,23	33,0	
1317	RM	62							0,270	3,70	15,0	0,084	41,0	25,0	8,0	15,0	0,008	0,30	36,0	
1320	RM	65	23,0	11,8	1,5	7,6			0,180	0,76	12,0	0,093	50,0	25,0	11,0	14,0	0,022	0,34	47,0	

Anlage 1.1

Tabelle 1b: Statistik Löß und Lößderivate (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,231	5,45	15,6	0,098	47,6	26,3	11,3	17,8	0,019	0,39	49,2
Median (Med.)	0,225	6,10	16,5	0,098	45,5	25,0	11,0	15,0	0,020	0,35	49,0
Minimum	0,034	0,03	7,7	0,060	32,0	19,0	7,1	11,0	0,008	0,23	33,0
Maximum	0,370	8,10	22,0	0,150	71,0	49,0	16,0	47,0	0,042	0,74	66,0
Anzahl (n)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Standardabwg.	0,081	2,12	3,2	0,023	11,8	6,1	2,3	8,3	0,010	0,13	10,0
Dispersion (Disp.)	0,045	1,00	1,5	0,012	9,5	1,0	1,5	2,0	0,009	0,05	8,5
25er Perzentil	0,188	4,78	14,8	0,084	37,8	24,0	10,0	13,8	0,010	0,32	40,8
75er Perzentil	0,275	6,80	17,0	0,110	56,8	26,5	13,0	18,0	0,025	0,42	56,8
90er Perzentil	0,350	7,15	18,1	0,122	63,4	30,0	13,2	25,6	0,030	0,49	62,4
97,5er Perzentil	0,361	7,86	20,6	0,145	69,1	40,0	15,5	39,4	0,038	0,73	66,0
99er Perzentil	0,366	8,01	21,4	0,148	70,2	45,4	15,8	44,0	0,040	0,74	66,0
Med. + 2*Disp.	0,315	8,10	19,5	0,122	64,5	27,0	14,0	19,0	0,037	0,44	66,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,242	6,02	16,3	0,096	47,6	24,8	11,3	14,9	0,019	0,35	49,2
Median (Med.)	0,230	6,25	17,0	0,096	45,5	25,0	11,0	14,0	0,020	0,34	49,0
Minimum	0,120	3,70	12,0	0,060	32,0	22,0	7,1	11,0	0,008	0,23	33,0
Maximum	0,370	8,10	22,0	0,140	71,0	28,0	16,0	20,0	0,042	0,46	66,0
Anzahl (n)	19	18	18	19	20	14	20	17	20	18	20
Standardabwg.	0,068	1,29	2,4	0,020	11,8	1,5	2,3	2,4	0,010	0,06	10,0
Dispersion (Disp.)	0,040	0,85	1,0	0,014	9,5	1,0	1,5	1,0	0,009	0,04	8,5
25er Perzentil	0,200	5,33	15,0	0,084	37,8	24,0	10,0	13,0	0,010	0,31	40,8
75er Perzentil	0,280	7,00	17,0	0,110	56,8	25,8	13,0	16,0	0,025	0,39	56,8
90er Perzentil	0,350	7,25	18,3	0,112	63,4	26,0	13,2	18,0	0,030	0,43	62,4
97,5er Perzentil	0,361	7,89	20,7	0,131	69,1	27,4	15,5	19,2	0,038	0,45	66,0
99er Perzentil	0,366	8,02	21,5	0,136	70,2	27,7	15,8	19,7	0,040	0,46	66,0
Med. + 2*Disp.	0,310	7,95	19,0	0,124	64,5	27,0	14,0	16,0	0,037	0,41	66,0

Anlage 1.1

Tabelle 2.1a: Urdaten Tonsteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter					Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)							
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0003	BJ93	1/1/3	25,0	15,0		7,0	n.n.	31,1	0,350	11,00	16,0	0,011	71,0	42,0	20,0	35,0	0,046	0,88	88,0	
0009	BJ93	1/2/3	19,0	30,2		7,1	n.n.	20,7	0,310	4,80	6,2	0,021	46,0	29,0	9,1	17,0	0,008	0,23	55,0	
0017	BJ93	1/3/3	17,0	5,3		7,2	6,0	16,2	0,190	2,70	6,4	0,021	33,0	18,0	5,0	26,0	0,008	0,53	34,0	
0051	BJ93	3/2/6	23,0	17,3		6,8	n.n.	15,3	0,610	8,80	20,0	0,021	72,0	56,0	14,0	19,0	0,055	0,49	45,0	
0081	BJ93	4/3/5	58,0	14,3		7,4	n.n.	22,6	0,520	3,40	11,0	0,011	122,0	79,0	15,0	19,0	0,085	0,23	90,0	
0302	BJ93	13/5/2	4,0	43,2	0,9	6,8	n.n.	18,6	0,280	2,10	12,0	0,130	33,0	26,0	8,9	10,0	0,008	0,23	42,0	
0312	BJ93	14/1/3	29,0	3,9		6,9	n.n.	22,9	0,600	7,00	11,0	0,054	81,0	53,0	14,0	13,0	0,008	0,45	159,0	
0315	BJ93	14/2/2	21,0	1,8	2,8	6,9	2,1	16,5	0,270	12,00	19,0	0,170	73,0	58,0	13,0	22,0	0,021	0,23	122,0	
0316	BJ93	14/2/3	24,0	1,0		6,9	2,7	20,7	0,290	11,00	10,0	0,310	134,0	132,0	23,0	44,0	0,054	0,23	111,0	
0358	BJ93	15/4/6	19,0	62,4		7,2	n.n.	10,6	0,600	6,80	9,2	0,033	21,0	26,0	8,0	12,0	0,140	0,23	20,0	
0362	BJ93	16/1/2	13,0	24,9	0,7	7,2	0,7	21,5	0,180	4,80	7,1	0,075	57,0	35,0	9,7	6,0	0,042	0,43	64,0	
0364	BJ93	16/1/3	14,0	20,2		7,2	n.n.	20,4	0,240	4,80	6,9	0,063	60,0	38,0	12,0	9,1	0,008	0,40	71,0	
0366	BJ93	16/1/4	9,0	39,9		7,2	n.n.	13,5	0,130	4,90	5,0	0,069	18,0	17,0	6,4	2,3	0,008	0,32	37,0	
0478	BJ94	3/2/8	16,0	12,8	-	7,6	n.b.	12,8	0,140	3,40	11,0	0,037	79,0	59,0	21,0	24,0	0,035	0,23	42,0	
0487	BJ94	4/1/3	29,0	18,6	-	7,8	n.b.	19,3	0,460	16,00	23,0	0,028	63,0	49,0	40,0	35,0	0,015	0,39	56,0	
0498	BJ94	4/3/4	43,0	-	1,6	6,9	n.b.	14,6	0,590	9,40	26,0	0,100	82,0	46,0	18,0	26,0	0,017	0,68	112,0	
0499	BJ94	4/3/5	33,0	8,6	-	7,6	n.b.	27,2	0,680	7,50	22,0	0,130	67,0	41,0	18,0	19,0	0,017	0,49	75,0	
0501	BJ94	4/3/6	46,0	1,7	-	7,5	n.b.	38,3	0,410	4,40	7,3	0,035	104,0	48,0	19,0	15,0	0,020	0,72	85,0	
0596	BJ94	6/7b/3	15,0	-	-	4,2	n.b.	13,9	0,390	3,00	6,9	0,011	73,0	42,0	15,0	12,0	0,036	0,48	42,0	
0597	BJ94	6/7b/4	16,0	-	-	4,1	1,5	15,6	0,320	4,50	6,3	0,011	78,0	40,0	14,0	9,8	0,014	0,49	53,0	
0601	BJ94	6/8/3	16,0	-	0,4	7,0	n.b.	26,9	0,450	22,00	41,0	0,280	70,0	37,0	16,0	26,0	0,025	3,10	95,0	
0602	BJ94	6/8/4	11,0	-	-	7,0	n.b.	18,7	0,100	34,00	33,0	0,390	35,0	26,0	11,0	17,0	0,031	2,70	91,0	
0607	BJ94	6/9/2	45,0	-	1,1	6,6	n.b.	26,2	0,420	6,30	14,0	0,072	96,0	48,0	21,0	52,0	0,036	1,00	98,0	
0609	BJ94	6/9/3	21,0	-	-	6,8	n.b.	16,0	0,470	6,00	12,0	0,057	82,0	41,0	20,0	90,0	0,012	0,87	87,0	
0616	BJ94	6/10/5	34,0	-	-	6,7	n.b.	26,5	0,410	3,40	16,0	0,011	95,0	31,0	12,0	8,0	0,008	1,00	64,0	
0622	BJ94	6/11/5	43,0	-	-	6,5	n.b.	26,7	0,530	11,00	22,0	0,096	70,0	32,0	14,0	16,0	0,031	0,60	60,0	

Anlage 1.1

Tabelle 2.1b: Statistik Tonsteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,382	8,27	14,6	0,086	69,8	44,2	15,3	22,5	0,030	0,68	73,0
Median (Med.)	0,400	6,15	11,5	0,056	71,5	41,0	14,0	18,0	0,021	0,49	67,5
Minimum	0,100	2,10	5,0	0,011	18,0	17,0	5,0	2,3	0,008	0,23	20,0
Maximum	0,680	34,00	41,0	0,390	134,0	132,0	40,0	90,0	0,140	3,10	159,0
Anzahl (n)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Standardabwg.	0,165	6,95	9,0	0,099	28,1	22,6	7,0	18,0	0,029	0,70	32,1
Dispersion (Disp.)	0,125	2,75	4,6	0,038	11,0	9,5	4,2	8,0	0,013	0,25	23,0
25er Perzentil	0,273	4,43	7,2	0,021	57,8	31,3	11,3	12,0	0,009	0,25	47,0
75er Perzentil	0,508	10,60	19,8	0,099	81,8	48,8	18,8	26,0	0,036	0,71	90,8
90er Perzentil	0,600	14,00	24,5	0,225	100,0	58,5	21,0	39,5	0,055	1,00	111,5
97,5er Perzentil	0,636	26,50	36,0	0,340	126,5	98,9	29,4	66,3	0,106	2,85	135,9
99er Perzentil	0,663	31,00	39,0	0,370	131,0	118,8	35,8	80,5	0,126	3,00	149,8
Med. + 2*Disp.	0,650	11,65	20,7	0,131	93,5	60,0	22,3	34,0	0,046	0,98	113,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,382	6,63	12,8	0,055	69,1	40,7	14,3	18,4	0,023	0,49	73,0
Median (Med.)	0,400	5,45	11,0	0,037	71,5	41,0	14,0	17,0	0,019	0,47	67,5
Minimum	0,100	2,10	5,0	0,011	33,0	17,0	5,0	2,3	0,008	0,23	20,0
Maximum	0,680	16,00	26,0	0,170	104,0	79,0	23,0	44,0	0,055	1,00	159,0
Anzahl (n)	26	24	24	23	22	25	25	24	24	24	26
Standardabwg.	0,165	3,56	6,3	0,045	19,4	14,1	4,9	10,0	0,015	0,25	32,1
Dispersion (Disp.)	0,125	2,05	4,4	0,026	10,0	9,0	4,0	7,0	0,011	0,23	23,0
25er Perzentil	0,273	4,15	7,1	0,021	60,8	31,0	11,0	11,5	0,008	0,23	47,0
75er Perzentil	0,508	8,95	16,8	0,074	80,5	48,0	18,0	24,5	0,035	0,62	90,8
90er Perzentil	0,600	11,00	22,0	0,124	93,7	57,2	20,6	32,3	0,045	0,88	111,5
97,5er Perzentil	0,636	13,70	24,3	0,148	99,8	67,0	21,8	38,8	0,054	1,00	135,9
99er Perzentil	0,663	15,08	25,3	0,161	102,3	74,2	22,5	41,9	0,055	1,00	149,8
Med. + 2*Disp.	0,650	9,55	19,7	0,089	91,5	59,0	22,0	31,0	0,040	0,92	113,5

Anlage 1.1

Tabelle 2.1c: Urdaten Tonsteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte										(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0004	BJ93	1/1/3		30,7		6,9			0,340	11,00	12,0	0,048	54,0	36,0	12,0	15,0	0,059	0,51	63,0
0010	BJ93	1/2/3		30,7		7,1			0,320	4,90	7,9	0,180	60,0	38,0	10,0	21,0	0,013	0,72	62,0
0018	BJ93	1/3/3		17,3		7,3			0,550	3,90	6,1	0,054	60,0	37,0	8,4	22,0	0,027	0,23	53,0
0030	BJ93	2/1/5		0,6		7,6			0,420	6,10	7,4	0,030	78,0	70,0	17,0	11,0	0,015	0,23	109,0
0052	BJ93	3/2/6		17,9		7,9			3,300	48,00	24,0	0,045	43,0	59,0	13,0	18,0	0,035	0,23	68,0
0303	BJ93	13/5/2		43,1		7,8			0,310	0,97	8,8	0,048	36,0	27,0	8,8	11,0	0,008	0,40	40,0
0304	BJ93	13/5/3		32,8		7,7			0,310	1,70	10,0	0,039	66,0	40,0	10,0	16,0	0,008	0,46	48,0
0305	BJ93	13/5/4		30,3		7,6			0,330	1,90	9,6	0,045	73,0	42,0	10,0	15,0	0,008	0,49	48,0
0313	BJ93	14/1/3		3,9		7,1			0,630	3,90	10,0	0,036	82,0	54,0	13,0	16,0	0,008	0,72	132,0
0317	BJ93	14/2/3		7,7		7,0			0,370	4,20	7,5	0,160	75,0	84,0	10,0	19,0	0,038	0,23	52,0
0335	BJ93	15/1/5							0,300	0,88	4,8	0,048	99,0	62,0	8,5	6,7	0,008	0,23	74,0
0336	BJ93	15/1/6		48,7		7,5			0,220	2,50	7,2	0,011	61,0	36,0	7,7	17,0	0,008	0,40	34,0
0337	BJ93	15/1/7		40,9		7,5			0,190	0,25	5,1	0,011	59,0	37,0	5,4	5,7	0,008	0,40	42,0
0359	BJ93	15/4/6		71,3		7,6			0,470	11,00	9,7	0,078	20,0	29,0	8,9	13,0	0,037	0,23	12,0
0363	BJ93	16/1/2		39,1		7,7			0,190	1,30	7,7	0,042	31,0	22,0	6,9	3,2	0,008	0,23	47,0
0365	BJ93	16/1/3		30,6		7,7			0,180	2,10	9,8	0,045	58,0	35,0	10,0	4,6	0,008	0,39	61,0
0367	BJ93	16/1/4		47,1		7,6			0,170	0,68	7,5	0,048	25,0	21,0	7,2	4,7	0,008	0,31	44,0
0368	BJ93	16/1/5		46,0		7,7			0,230	2,30	8,4	0,140	31,0	24,0	7,8	7,7	0,008	0,31	50,0
0500	BJ94	4/3/5		29,5					0,510	5,60	14,0	0,017	17,0	15,0	5,1	12,0	0,008	0,33	26,0
0502	BJ94	4/3/6		32,8					0,450	2,60	8,9	0,072	41,0	25,0	9,9	9,6	0,008	0,60	42,0
0598	BJ94	6/7b/4		-					0,670	6,80	11,0	0,018	107,0	51,0	17,0	16,0	0,008	0,45	96,0
0617	BJ94	6/10/5		-					0,034	3,50	20,0	0,011	78,0	30,0	11,0	9,0	0,008	0,84	57,0

Anlage 1.1

Tabelle 2.1d: Statistik Tonsteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,477	5,73	9,9	0,056	57,0	39,7	9,9	12,4	0,016	0,41	57,3
Median (Med.)	0,325	3,05	8,9	0,045	59,5	36,5	10,0	12,5	0,008	0,40	51,0
Minimum	0,034	0,25	4,8	0,011	17,0	15,0	5,1	3,2	0,008	0,23	12,0
Maximum	3,300	48,00	24,0	0,180	107,0	84,0	17,0	22,0	0,059	0,84	132,0
Anzahl (n)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Standardabwg.	0,650	9,89	4,5	0,046	24,6	17,3	3,1	5,5	0,014	0,18	26,8
Dispersion (Disp.)	0,130	1,80	1,4	0,012	18,5	10,5	1,8	4,0	0,000	0,14	10,5
25er Perzentil	0,223	1,75	7,5	0,032	37,3	27,5	8,0	8,0	0,008	0,23	42,5
75er Perzentil	0,465	5,43	10,0	0,053	74,5	48,8	10,8	16,0	0,015	0,48	62,8
90er Perzentil	0,622	10,58	13,8	0,134	81,6	61,7	13,0	18,9	0,037	0,71	93,8
97,5er Perzentil	1,919	28,57	21,9	0,170	102,8	76,7	17,0	21,5	0,048	0,78	119,9
99er Perzentil	2,748	40,23	23,2	0,176	105,3	81,1	17,0	21,8	0,055	0,81	127,2
Med. + 2*Disp.	0,585	6,65	11,6	0,069	96,5	57,5	13,6	20,5	0,008	0,68	72,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,343	2,95	8,7	0,039	57,0	37,6	9,9	12,4	0,008	0,41	48,6
Median (Med.)	0,320	2,50	8,6	0,045	59,5	36,0	10,0	12,5	0,008	0,40	48,0
Minimum	0,034	0,25	4,8	0,011	17,0	15,0	5,1	3,2	0,008	0,23	12,0
Maximum	0,670	6,80	14,0	0,078	107,0	70,0	17,0	22,0	0,008	0,84	74,0
Anzahl (n)	21	19	20	19	22	21	22	22	15	22	19
Standardabwg.	0,162	1,93	2,2	0,019	24,6	14,5	3,1	5,5	0,000	0,18	14,7
Dispersion (Disp.)	0,130	1,40	1,2	0,009	18,5	9,0	1,8	4,0	0,000	0,14	8,0
25er Perzentil	0,220	1,50	7,5	0,024	37,3	27,0	8,0	8,0	0,008	0,23	42,0
75er Perzentil	0,450	4,05	9,9	0,048	74,5	42,0	10,8	16,0	0,008	0,48	59,0
90er Perzentil	0,550	5,70	11,1	0,058	81,6	59,0	13,0	18,9	0,008	0,71	64,0
97,5er Perzentil	0,650	6,49	13,1	0,075	102,8	66,0	17,0	21,5	0,008	0,78	71,3
99er Perzentil	0,662	6,67	13,6	0,077	105,3	68,4	17,0	21,8	0,008	0,81	72,9
Med. + 2*Disp.	0,580	5,30	11,0	0,063	96,5	54,0	13,6	20,5	0,008	0,68	64,0

Anlage 1.1

Tabelle 2.2a: Urdaten Kalksteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0056	BJ93	3/3/2	2,0	90,8	4,3	6,9	n.n.	3,6	0,230	4,00	9,5	0,036	1,5	2,2	1,5	7,9	0,014	0,23	7,8	
0061	BJ93	4/1/3	29,0	20,2	1,4	7,0	n.n.	23,2	0,490	8,40	19,0	0,018	40,0	29,0	9,1	15,0	0,014	0,33	46,0	
0063	BJ93	4/1/4	30,0	56,7		7,1	n.n.	15,1	0,310	3,70	7,8	0,033	8,4	10,0	4,1	9,7	0,008	0,23	19,0	
0065	BJ93	4/1/5	8,0	76,7		7,2	n.n.	8,8	0,400	7,50	13,0	0,060	1,5	6,3	2,2	8,4	0,032	0,23	16,0	
0070	BJ93	4/2/3	25,0	42,0	1,5	7,4	0,4	19,8	0,590	6,40	14,0	0,150	30,0	59,0	17,0	15,0	0,023	0,23	90,0	
0072	BJ93	4/2/4	14,0	70,5		7,4	n.n.	13,4	0,570	12,00	5,6	0,078	11,0	81,0	19,0	11,0	0,011	0,23	108,0	
0074	BJ93	4/2/5	26,0	43,6		7,3	n.n.	16,6	0,430	13,00	9,7	0,190	33,0	52,0	13,0	18,0	0,035	0,23	99,0	
0341	BJ93	15/2/3	21,0	29,3	0,3	7,0	n.n.	17,6	0,300	6,50	14,0	0,130	46,0	33,0	8,6	17,0	0,008	0,23	44,0	
0348	BJ93	15/3/3	27,0	39,1		7,1	2,6	15,5	0,230	0,92	4,6	0,036	43,0	33,0	6,2	8,6	0,008	0,23	30,0	

Anlage 1.1

Tabelle 2.2b: Statistik Kalksteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,394	6,94	10,8	0,081	23,8	33,9	9,0	12,3	0,017	0,24	51,1
Median (Med.)	0,400	6,50	9,7	0,060	30,0	33,0	8,6	11,0	0,014	0,23	44,0
Minimum	0,230	0,92	4,6	0,018	1,5	2,2	1,5	7,9	0,008	0,23	7,8
Maximum	0,590	13,00	19,0	0,190	46,0	81,0	19,0	18,0	0,035	0,33	108,0
Anzahl (n)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Standardabwg.	0,137	3,88	4,6	0,061	18,2	26,3	6,3	4,0	0,011	0,03	38,2
Dispersion (Disp.)	0,100	2,50	4,1	0,027	16,0	23,0	4,5	3,1	0,006	0,00	28,0
25er Perzentil	0,300	4,00	7,8	0,036	8,4	10,0	4,1	8,6	0,008	0,23	19,0
75er Perzentil	0,490	8,40	14,0	0,130	40,0	52,0	13,0	15,0	0,023	0,23	90,0
90er Perzentil	0,574	12,20	15,0	0,158	43,6	63,4	17,4	17,2	0,033	0,25	100,8
97,5er Perzentil	0,586	12,80	18,0	0,182	45,4	76,6	18,6	17,8	0,034	0,31	106,2
99er Perzentil	0,588	12,92	18,6	0,187	45,8	79,2	18,8	17,9	0,035	0,32	107,3
Med. + 2*Disp.	0,600	11,50	17,9	0,114	62,0	79,0	17,6	17,2	0,026	0,23	100,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,394	6,94	10,8	0,068	23,8	33,9	9,0	12,3	0,017	0,23	51,1
Median (Med.)	0,400	6,50	9,7	0,048	30,0	33,0	8,6	11,0	0,014	0,23	44,0
Minimum	0,230	0,92	4,6	0,018	1,5	2,2	1,5	7,9	0,008	0,23	7,8
Maximum	0,590	13,00	19,0	0,150	46,0	81,0	19,0	18,0	0,035	0,23	108,0
Anzahl (n)	9	9	9	8	9	9	9	9	9	8	9
Standardabwg.	0,137	3,88	4,6	0,049	18,2	26,3	6,3	4,0	0,011	0,00	38,2
Dispersion (Disp.)	0,100	2,50	4,1	0,023	16,0	23,0	4,5	3,1	0,006	0,00	28,0
25er Perzentil	0,300	4,00	7,8	0,035	8,4	10,0	4,1	8,6	0,008	0,23	19,0
75er Perzentil	0,490	8,40	14,0	0,091	40,0	52,0	13,0	15,0	0,023	0,23	90,0
90er Perzentil	0,574	12,20	15,0	0,136	43,6	63,4	17,4	17,2	0,033	0,23	100,8
97,5er Perzentil	0,586	12,80	18,0	0,147	45,4	76,6	18,6	17,8	0,034	0,23	106,2
99er Perzentil	0,588	12,92	18,6	0,149	45,8	79,2	18,8	17,9	0,035	0,23	107,3
Med. + 2*Disp.	0,600	11,50	17,9	0,093	62,0	79,0	17,6	17,2	0,026	0,23	100,0

Anlage 1.1

Tabelle 2.2c: Urdaten Kalksteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter					Schwermetallgehalte											(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	TI	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0057	BJ93	3/3/2		98,9		8,1			0,200	2,60	6,6	0,066	1,5	3,5	1,5	5,6	0,021	0,23	5,4
0058	BJ93	3/3/3		88,9		8,1			0,320	3,50	20,0	0,060	1,5	4,7	1,5	7,4	0,008	0,23	7,6
0062	BJ93	4/1/3		58,2		8,0			0,380	4,70	9,9	0,120	11,0	18,0	5,2	15,0	0,008	0,23	18,0
0064	BJ93	4/1/4		83,6		8,0			0,310	4,40	6,6	0,130	5,2	8,6	2,9	7,5	0,021	0,23	13,0
0066	BJ93	4/1/5		87,8		8,0			0,440	4,60	10,0	0,200	1,5	6,3	1,5	6,2	0,015	0,23	15,0
0067	BJ93	4/1/6		87,6		8,2			0,380	5,30	11,0	0,210	1,5	5,6	1,5	9,2	0,015	0,23	23,0
0071	BJ93	4/2/3		71,9		8,1			0,660	10,00	4,2	5,200	13,0	56,0	15,0	13,0	0,015	0,23	112,0
0073	BJ93	4/2/4		81,7		8,2			0,450	7,30	1,5	0,150	13,0	64,0	15,0	11,0	0,008	0,23	67,0
0075	BJ93	4/2/6		89,0		8,2			0,260	3,80	1,5	0,081	6,7	19,0	3,9	10,0	0,015	0,23	37,0
0342	BJ93	15/2/3		76,1		7,4			0,430	9,30	5,8	0,060	12,0	24,0	5,2	14,0	0,008	0,23	20,0
0343	BJ93	15/2/4		87,0		7,5			0,290	7,90	4,2	0,048	6,3	19,0	4,6	11,0	0,008	0,23	14,0
0349	BJ93	15/3/3		72,3		7,4			0,780	0,85	2,5	0,021	15,0	13,0	3,2	4,1	0,008	0,23	15,0
0350	BJ93	15/3/4		72,5		7,5			0,260	0,03	2,6	0,011	10,0	11,0	2,6	1,5	0,008	0,23	12,0

Anlage 1.1

Tabelle 2.2d: Statistik Kalksteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,397	4,94	6,6	0,489	7,6	19,4	4,9	8,9	0,012	0,23	27,6
Median (Med.)	0,380	4,60	5,8	0,081	6,7	13,0	3,2	9,2	0,008	0,23	15,0
Minimum	0,200	0,03	1,5	0,011	1,5	3,5	1,5	1,5	0,008	0,23	5,4
Maximum	0,780	10,00	20,0	5,200	15,0	64,0	15,0	15,0	0,021	0,23	112,0
Anzahl (n)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Standardabwg.	0,164	3,02	5,2	1,417	5,1	19,2	4,7	4,0	0,005	0,00	30,0
Dispersion (Disp.)	0,070	2,00	3,3	0,049	5,2	6,7	1,7	3,0	0,000	0,00	5,0
25er Perzentil	0,290	3,50	2,6	0,060	1,5	6,3	1,5	6,2	0,008	0,23	13,0
75er Perzentil	0,440	7,30	9,9	0,150	12,0	19,0	5,2	11,0	0,015	0,23	23,0
90er Perzentil	0,618	9,02	10,8	0,208	13,0	49,6	13,0	13,8	0,020	0,23	61,0
97,5er Perzentil	0,744	9,79	17,3	3,703	14,4	61,6	15,0	14,7	0,021	0,23	98,5
99er Perzentil	0,766	9,92	18,9	4,601	14,8	63,0	15,0	14,9	0,021	0,23	106,6
Med. + 2*Disp.	0,520	8,60	12,4	0,179	17,1	26,4	6,6	15,2	0,008	0,23	25,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,365	4,94	5,5	0,096	7,6	12,1	3,1	8,9	0,008	0,23	14,3
Median (Med.)	0,350	4,60	5,0	0,074	6,7	11,0	2,9	9,2	0,008	0,23	14,5
Minimum	0,200	0,03	1,5	0,011	1,5	3,5	1,5	1,5	0,008	0,23	5,4
Maximum	0,660	10,00	11,0	0,210	15,0	24,0	5,2	15,0	0,008	0,23	23,0
Anzahl (n)	12	13	12	12	13	11	11	13	7	13	10
Standardabwg.	0,122	3,02	3,4	0,066	5,1	7,0	1,5	4,0	0,000	0,00	5,3
Dispersion (Disp.)	0,085	2,00	2,5	0,050	5,2	6,3	1,4	3,0	0,000	0,00	3,0
25er Perzentil	0,283	3,50	2,6	0,057	1,5	6,0	1,5	6,2	0,008	0,23	12,3
75er Perzentil	0,433	7,30	7,4	0,135	12,0	18,5	4,3	11,0	0,008	0,23	17,3
90er Perzentil	0,449	9,02	10,0	0,195	13,0	19,0	5,2	13,8	0,008	0,23	20,3
97,5er Perzentil	0,602	9,79	10,7	0,207	14,4	22,8	5,2	14,7	0,008	0,23	22,3
99er Perzentil	0,637	9,92	10,9	0,209	14,8	23,5	5,2	14,9	0,008	0,23	22,7
Med. + 2*Disp.	0,520	8,60	9,9	0,173	17,1	23,6	5,7	15,2	0,008	0,23	20,5

Anlage 1.1

Tabelle 2.3a: Urdaten Gipse des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter					Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0011	BJ93	1/2/4	14,0	12,7		7,2	n.n.	18,8	0,310	3,70	3,4	0,015	42,0	24,0	8,9	6,8	0,008	0,31	50,0
0033	BJ93	2/2/2	9,0	8,6	3,3	7,2	n.n.	17,2	0,260	6,60	1,5	0,099	6,0	7,7	3,3	6,8	0,049	0,78	33,0
0035	BJ93	2/2/3	6,0	9,8	4,1	7,2	n.n.	18,1	0,330	7,40	4,5	0,130	8,0	11,0	4,6	10,0	0,067	0,80	32,0
0603	BJ94	6/8/5	5,0	-	-	-	-	-	0,210	5,80	1,5	0,440	3,8	5,0	1,5	1,5	0,014	0,36	33,0

Anlage 1.1

Tabelle 2.3b: Statistik Gipse des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,278	5,88	2,7	0,171	15,0	11,9	4,6	6,3	0,035	0,56	37,0
Median (Med.)	0,285	6,20	2,5	0,115	7,0	9,4	4,0	6,8	0,032	0,57	33,0
Minimum	0,210	3,70	1,5	0,015	3,8	5,0	1,5	1,5	0,008	0,31	32,0
Maximum	0,330	7,40	4,5	0,440	42,0	24,0	8,9	10,0	0,067	0,80	50,0
Anzahl (n)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Standardabwg.	0,054	1,59	1,5	0,186	18,1	8,4	3,2	3,5	0,028	0,26	8,7
Dispersion (Disp.)	0,035	0,80	1,0	0,058	2,1	3,0	1,6	1,6	0,021	0,22	0,5
25er Perzentil	0,248	5,28	1,5	0,078	5,5	7,0	2,9	5,5	0,013	0,35	32,8
75er Perzentil	0,315	6,80	3,7	0,208	16,5	14,3	5,7	7,6	0,054	0,79	37,3
90er Perzentil	0,324	7,16	4,2	0,347	31,8	20,1	7,6	9,0	0,062	0,79	44,9
97,5er Perzentil	0,329	7,34	4,4	0,417	39,5	23,0	8,6	9,8	0,066	0,80	48,7
99er Perzentil	0,329	7,38	4,5	0,431	41,0	23,6	8,8	9,9	0,066	0,80	49,5
Med. + 2*Disp.	0,355	7,80	4,4	0,230	11,2	15,4	7,1	10,0	0,073	1,01	34,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,278	5,88	2,7	0,081	5,9	7,9	4,6	6,3	0,035	0,56	32,7
Median (Med.)	0,285	6,20	2,5	0,099	6,0	7,7	4,0	6,8	0,032	0,57	33,0
Minimum	0,210	3,70	1,5	0,015	3,8	5,0	1,5	1,5	0,008	0,31	32,0
Maximum	0,330	7,40	4,5	0,130	8,0	11,0	8,9	10,0	0,067	0,80	33,0
Anzahl (n)	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3
Standardabwg.	0,054	1,59	1,5	0,060	2,1	3,0	3,2	3,5	0,028	0,26	0,6
Dispersion (Disp.)	0,035	0,80	1,0	0,031	2,0	2,7	1,6	1,6	0,021	0,22	0,0
25er Perzentil	0,248	5,28	1,5	0,057	4,9	6,4	2,9	5,5	0,013	0,35	32,5
75er Perzentil	0,315	6,80	3,7	0,115	7,0	9,4	5,7	7,6	0,054	0,79	33,0
90er Perzentil	0,324	7,16	4,2	0,124	7,6	10,3	7,6	9,0	0,062	0,79	33,0
97,5er Perzentil	0,329	7,34	4,4	0,128	7,9	10,8	8,6	9,8	0,066	0,80	33,0
99er Perzentil	0,329	7,38	4,5	0,129	8,0	10,9	8,8	9,9	0,066	0,80	33,0
Med. + 2*Disp.	0,355	7,80	4,4	0,161	10,0	13,1	7,1	10,0	0,073	1,01	33,0

Anlage 1.1

Tabelle 2.3c: Urdaten Gipse des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0005	BJ93	1/1/4		7,6		7,0			0,140	2,90	1,5	0,024	9,2	10,0	3,6	68,0	0,027	0,23	24,0	
0012	BJ93	1/2/4		9,5		7,2			0,220	4,20	5,2	0,072	58,0	40,0	12,0	8,3	0,008	0,23	68,0	
0034	BJ93	2/2/2		9,3		7,6			0,250	8,90	1,5	0,170	11,0	12,0	4,3	9,9	0,013	0,23	39,0	
0036	BJ93	2/2/3		12,3		7,6			0,330	8,10	4,3	0,190	16,0	16,0	5,3	12,0	0,059	0,23	35,0	
0037	BJ93	2/2/4		4,9		7,6			0,089	0,92	3,8	0,015	1,5	2,1	1,5	1,5	0,088	0,23	2,0	
0604	BJ94	6/8/5		-					0,034	1,70	1,5	0,370	1,5	2,7	1,5	1,5	0,008	0,23	36,0	

Anlage 1.1

Tabelle 2.3d: Statistik Gipse des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,177	4,45	3,0	0,140	16,2	13,8	4,7	16,9	0,034	0,23	34,0
Median (Med.)	0,180	3,55	2,7	0,121	10,1	11,0	4,0	9,1	0,020	0,23	35,5
Minimum	0,034	0,92	1,5	0,015	1,5	2,1	1,5	1,5	0,008	0,23	2,0
Maximum	0,330	8,90	5,2	0,370	58,0	40,0	12,0	68,0	0,088	0,23	68,0
Anzahl (n)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Standardabwg.	0,110	3,34	1,7	0,134	21,2	13,9	3,9	25,4	0,033	0,00	21,5
Dispersion (Disp.)	0,081	2,24	1,2	0,083	7,3	6,7	1,9	5,3	0,012	0,00	7,5
25er Perzentil	0,102	2,00	1,5	0,036	3,4	4,5	2,0	3,2	0,009	0,23	26,8
75er Perzentil	0,243	7,13	4,2	0,185	14,8	15,0	5,1	11,5	0,051	0,23	38,3
90er Perzentil	0,290	8,50	4,8	0,280	37,0	28,0	8,7	40,0	0,074	0,23	53,5
97,5er Perzentil	0,320	8,80	5,1	0,348	52,8	37,0	11,2	61,0	0,084	0,23	64,4
99er Perzentil	0,326	8,86	5,2	0,361	55,9	38,8	11,7	65,2	0,087	0,23	66,6
Med. + 2*Disp.	0,341	8,03	5,0	0,287	24,6	24,3	7,8	19,6	0,044	0,23	50,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,177	4,45	3,0	0,140	7,8	8,6	3,2	6,6	0,023	0,23	33,5
Median (Med.)	0,180	3,55	2,7	0,121	9,2	10,0	3,6	8,3	0,013	0,23	35,5
Minimum	0,034	0,92	1,5	0,015	1,5	2,1	1,5	1,5	0,008	0,23	24,0
Maximum	0,330	8,90	5,2	0,370	16,0	16,0	5,3	12,0	0,059	0,23	39,0
Anzahl (n)	6	6	6	6	5	5	5	5	5	6	4
Standardabwg.	0,110	3,34	1,7	0,134	6,3	6,0	1,7	4,9	0,022	0,00	6,6
Dispersion (Disp.)	0,081	2,24	1,2	0,083	6,8	6,0	1,7	3,7	0,005	0,00	2,0
25er Perzentil	0,102	2,00	1,5	0,036	1,5	2,7	1,5	1,5	0,008	0,23	32,3
75er Perzentil	0,243	7,13	4,2	0,185	11,0	12,0	4,3	9,9	0,027	0,23	36,8
90er Perzentil	0,290	8,50	4,8	0,280	14,0	14,4	4,9	11,2	0,046	0,23	38,1
97,5er Perzentil	0,320	8,80	5,1	0,348	15,5	15,6	5,2	11,8	0,056	0,23	38,8
99er Perzentil	0,326	8,86	5,2	0,361	15,8	15,8	5,3	11,9	0,058	0,23	38,9
Med. + 2*Disp.	0,341	8,03	5,0	0,287	22,8	22,0	7,0	15,7	0,023	0,23	39,5

Anlage 1.1

Tabelle 2.4a: Urdaten Sandsteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter							Schwermetallgehalte									
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0040	BJ93	3/1/2	3,0	1,6	0,0	7,3	0,7	6,6	0,260	6,40	9,3	0,011	69,0	53,0	11,0	133,0	0,029	0,23	45,0
0594	BJ94	6/7b/2	3,0	-	-	5,9	1,9	4,9	0,140	1,80	7,1	0,011	27,0	20,0	7,7	2,6	0,012	0,23	21,0

Anlage 1.1

Tabelle 2.4b: Statistik Sandsteine des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,200	4,10	8,2	0,011	48,0	36,5	9,4	67,8	0,021	0,23	33,0
Median (Med.)	0,200	4,10	8,2	0,011	48,0	36,5	9,4	67,8	0,021	0,23	33,0
Minimum	0,140	1,80	7,1	0,011	27,0	20,0	7,7	2,6	0,012	0,23	21,0
Maximum	0,260	6,40	9,3	0,011	69,0	53,0	11,0	133,0	0,029	0,23	45,0
Anzahl (n)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Standardabwg.	0,085	3,25	1,6	0,000	29,7	23,3	2,3	92,2	0,012	0,00	17,0
Dispersion (Disp.)	0,060	2,30	1,1	0,000	21,0	16,5	1,7	65,2	0,009	0,00	12,0
25er Perzentil	0,170	2,95	7,7	0,011	37,5	28,3	8,5	35,2	0,016	0,23	27,0
75er Perzentil	0,230	5,25	8,8	0,011	58,5	44,8	10,2	100,4	0,025	0,23	39,0
90er Perzentil	0,248	5,94	9,1	0,011	64,8	49,7	10,7	120,0	0,027	0,23	42,6
97,5er Perzentil	0,257	6,29	9,2	0,011	68,0	52,2	10,9	129,7	0,029	0,23	44,4
99er Perzentil	0,259	6,35	9,3	0,011	68,6	52,7	11,0	131,7	0,029	0,23	44,8
Med. + 2*Disp.	0,320	8,70	10,4	0,011	90,0	69,5	12,7	198,2	0,038	0,23	57,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,200	4,10	8,2	0,011	48,0	36,5	9,4	67,8	0,021	0,23	33,0
Median (Med.)	0,200	4,10	8,2	0,011	48,0	36,5	9,4	67,8	0,021	0,23	33,0
Minimum	0,140	1,80	7,1	0,011	27,0	20,0	7,7	2,6	0,012	0,23	21,0
Maximum	0,260	6,40	9,3	0,011	69,0	53,0	11,0	133,0	0,029	0,23	45,0
Anzahl (n)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Standardabwg.	0,085	3,25	1,6	0,000	29,7	23,3	2,3	92,2	0,012	0,00	17,0
Dispersion (Disp.)	0,060	2,30	1,1	0,000	21,0	16,5	1,7	65,2	0,009	0,00	12,0
25er Perzentil	0,170	2,95	7,7	0,011	37,5	28,3	8,5	35,2	0,016	0,23	27,0
75er Perzentil	0,230	5,25	8,8	0,011	58,5	44,8	10,2	100,4	0,025	0,23	39,0
90er Perzentil	0,248	5,94	9,1	0,011	64,8	49,7	10,7	120,0	0,027	0,23	42,6
97,5er Perzentil	0,257	6,29	9,2	0,011	68,0	52,2	10,9	129,7	0,029	0,23	44,4
99er Perzentil	0,259	6,35	9,3	0,011	68,6	52,7	11,0	131,7	0,029	0,23	44,8
Med. + 2*Disp.	0,320	8,70	10,4	0,011	90,0	69,5	12,7	198,2	0,038	0,23	57,0

Anlage 1.1

Tabelle 2.4c: Urdaten Sandsteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte										(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0029	BJ93	2/1/4		0,3		7,7			0,260	7,90	10,0	0,015	53,0	34,0	8,1	13,0	0,008	0,48	92,0
0041	BJ93	3/1/2		1,7		7,6			0,160	4,40	6,3	0,027	51,0	50,0	10,0	120,0	0,030	0,23	40,0
0042	BJ93	3/1/3		0,9		7,8			0,150	9,80	6,6	0,084	48,0	43,0	9,3	94,0	0,021	0,23	34,0
0318	BJ93	14/2/4		7,5		6,7			0,410	6,20	15,0	0,360	69,0	68,0	17,0	16,0	0,099	0,23	461,0
0595	BJ94	6/7b/2		-					0,200	1,50	9,1	0,011	33,0	20,0	8,3	5,8	0,008	0,23	26,0
0608	BJ94	6/9/2		-					0,034	1,60	18,0	0,015	43,0	20,0	13,0	62,0	0,008	0,51	41,0
0610	BJ94	6/9/3		-					0,110	2,40	13,0	0,024	53,0	25,0	13,0	130,0	0,008	0,57	59,0

Anlage 1.1

Tabelle 2.4d: Statistik Sandsteine des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,189	4,83	11,1	0,077	50,0	37,1	11,2	63,0	0,026	0,35	107,6
Median (Med.)	0,160	4,40	10,0	0,024	51,0	34,0	10,0	62,0	0,008	0,23	41,0
Minimum	0,034	1,50	6,3	0,011	33,0	20,0	8,1	5,8	0,008	0,23	26,0
Maximum	0,410	9,80	18,0	0,360	69,0	68,0	17,0	130,0	0,099	0,57	461,0
Anzahl (n)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Standardabwg.	0,120	3,26	4,4	0,127	11,0	17,8	3,2	52,7	0,033	0,16	157,4
Dispersion (Disp.)	0,050	2,80	3,4	0,009	3,0	14,0	1,9	49,0	0,000	0,00	15,0
25er Perzentil	0,130	2,00	7,9	0,015	45,5	22,5	8,8	14,5	0,008	0,23	37,0
75er Perzentil	0,230	7,05	14,0	0,056	53,0	46,5	13,0	107,0	0,026	0,50	75,5
90er Perzentil	0,320	8,66	16,2	0,194	59,4	57,2	14,6	124,0	0,058	0,53	239,6
97,5er Perzentil	0,388	9,52	17,6	0,319	66,6	65,3	16,4	128,5	0,089	0,56	405,7
99er Perzentil	0,401	9,69	17,8	0,343	68,0	66,9	16,8	129,4	0,095	0,57	438,9
Med. + 2*Disp.	0,260	10,00	16,8	0,042	57,0	62,0	13,8	160,0	0,008	0,23	71,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,152	4,83	11,1	0,018	49,6	37,1	11,2	63,0	0,008	0,23	48,7
Median (Med.)	0,155	4,40	10,0	0,015	51,0	34,0	10,0	62,0	0,008	0,23	40,5
Minimum	0,034	1,50	6,3	0,011	43,0	20,0	8,1	5,8	0,008	0,23	26,0
Maximum	0,260	9,80	18,0	0,027	53,0	68,0	17,0	130,0	0,008	0,23	92,0
Anzahl (n)	6	7	7	5	5	7	7	7	4	4	6
Standardabwg.	0,077	3,26	4,4	0,007	4,2	17,8	3,2	52,7	0,000	0,00	23,9
Dispersion (Disp.)	0,045	2,80	3,4	0,004	2,0	14,0	1,9	49,0	0,000	0,00	10,5
25er Perzentil	0,120	2,00	7,9	0,015	48,0	22,5	8,8	14,5	0,008	0,23	35,5
75er Perzentil	0,190	7,05	14,0	0,024	53,0	46,5	13,0	107,0	0,008	0,23	54,5
90er Perzentil	0,230	8,66	16,2	0,026	53,0	57,2	14,6	124,0	0,008	0,23	75,5
97,5er Perzentil	0,253	9,52	17,6	0,027	53,0	65,3	16,4	128,5	0,008	0,23	87,9
99er Perzentil	0,257	9,69	17,8	0,027	53,0	66,9	16,8	129,4	0,008	0,23	90,4
Med. + 2*Disp.	0,245	10,00	16,8	0,023	55,0	62,0	13,8	160,0	0,008	0,23	61,5

Anlage 1.1

Tabelle 2.5a: Urdaten Mergel des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0025	BJ93	2/1/2	36,0	1,3	2,6	6,9	0,5	21,4	0,560	7,70	23,0	0,087	58,0	35,0	14,0	26,0	0,058	0,31	65,0	
0027	BJ93	2/1/3	38,0	0,9		7,0	0,8	17,8	0,530	6,30	15,0	0,042	59,0	35,0	15,0	20,0	0,008	0,46	52,0	
0078	BJ93	4/3/3	23,0	25,0		7,4	n.n.	12,6	0,540	6,40	15,0	0,033	37,0	26,0	7,6	16,0	0,014	0,23	34,0	
0080	BJ93	4/3/4	15,0	69,0		7,4	n.n.	10,5	0,320	1,20	7,2	0,011	19,0	22,0	4,4	1,5	0,014	0,23	18,0	
0331	BJ93	15/1/3	23,0	32,0		7,0	n.n.	17,9	0,260	5,00	14,0	0,090	50,0	37,0	9,1	19,0	0,008	0,33	38,0	
0333	BJ93	15/1/4	17,0	47,8		7,0	2,3	10,3	0,240	3,90	18,0	0,030	14,0	24,0	5,5	22,0	0,015	0,23	18,0	
1283	RM	79	55,9	40,2		7,6			0,330	12,00	35,0	0,042	42,0	39,0	12,0	26,0	0,008	0,52	31,0	

Anlage 1.1

Tabelle 2.5b: Statistik Mergel des Keuper (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,397	6,07	18,2	0,048	39,9	31,1	9,7	18,6	0,018	0,33	36,6
Median (Med.)	0,330	6,30	15,0	0,042	42,0	35,0	9,1	20,0	0,014	0,31	34,0
Minimum	0,240	1,20	7,2	0,011	14,0	22,0	4,4	1,5	0,008	0,23	18,0
Maximum	0,560	12,00	35,0	0,090	59,0	39,0	15,0	26,0	0,058	0,52	65,0
Anzahl (n)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Standardabwg.	0,141	3,36	8,8	0,030	17,9	6,9	4,1	8,4	0,018	0,12	17,2
Dispersion (Disp.)	0,090	1,40	3,0	0,012	16,0	4,0	3,6	4,0	0,006	0,08	16,0
25er Perzentil	0,290	4,45	14,5	0,032	28,0	25,0	6,6	17,5	0,008	0,23	24,5
75er Perzentil	0,535	7,05	20,5	0,065	54,0	36,0	13,0	24,0	0,015	0,40	45,0
90er Perzentil	0,548	9,42	27,8	0,088	58,4	37,8	14,4	26,0	0,032	0,48	57,2
97,5er Perzentil	0,557	11,36	33,2	0,090	58,9	38,7	14,9	26,0	0,052	0,51	63,1
99er Perzentil	0,559	11,74	34,3	0,090	58,9	38,9	14,9	26,0	0,055	0,52	64,2
Med. + 2*Disp.	0,510	9,10	21,0	0,066	74,0	43,0	16,3	28,0	0,026	0,47	66,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,397	5,08	15,4	0,048	39,9	31,1	9,7	21,5	0,011	0,33	36,6
Median (Med.)	0,330	5,65	15,0	0,042	42,0	35,0	9,1	21,0	0,011	0,31	34,0
Minimum	0,240	1,20	7,2	0,011	14,0	22,0	4,4	16,0	0,008	0,23	18,0
Maximum	0,560	7,70	23,0	0,090	59,0	39,0	15,0	26,0	0,015	0,52	65,0
Anzahl (n)	7	6	6	7	7	7	7	6	6	7	7
Standardabwg.	0,141	2,30	5,2	0,030	17,9	6,9	4,1	4,0	0,003	0,12	17,2
Dispersion (Disp.)	0,090	1,25	2,0	0,012	16,0	4,0	3,6	3,5	0,003	0,08	16,0
25er Perzentil	0,290	4,18	14,3	0,032	28,0	25,0	6,6	19,3	0,008	0,23	24,5
75er Perzentil	0,535	6,38	17,3	0,065	54,0	36,0	13,0	25,0	0,014	0,40	45,0
90er Perzentil	0,548	7,05	20,5	0,088	58,4	37,8	14,4	26,0	0,015	0,48	57,2
97,5er Perzentil	0,557	7,54	22,4	0,090	58,9	38,7	14,9	26,0	0,015	0,51	63,1
99er Perzentil	0,559	7,64	22,8	0,090	58,9	38,9	14,9	26,0	0,015	0,52	64,2
Med. + 2*Disp.	0,510	8,15	19,0	0,066	74,0	43,0	16,3	28,0	0,017	0,47	66,0

Anlage 1.1

Tabelle 2.5c: Urdaten Mergel des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0026	BJ93	2/1/2		15,1		7,8			0,980	26,00	828,0	0,100	37,0	29,0	7,2	22,0	0,015	0,23	43,0	
0028	BJ93	2/1/3		33,0		7,9			0,500	8,20	156,0	0,072	15,0	10,0	4,8	10,0	0,015	0,23	25,0	
0079	BJ93	4/3/3		25,3		8,1			3,900	6,40	13,0	0,096	19,0	70,0	9,6	16,0	0,008	0,48	125,0	
0332	BJ93	15/1/3		40,3		7,3			0,350	5,70	12,0	0,072	41,0	32,0	8,9	16,0	0,008	0,68	33,0	
0334	BJ93	15/1/4		43,3		7,3			0,490	6,70	29,0	0,030	29,0	21,0	5,9	26,0	0,012	0,48	17,0	

Anlage 1.1

Tabelle 2.5d: Statistik Mergel des Keuper (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,244	10,60	207,6	0,074	28,2	32,4	7,3	18,0	0,012	0,42	48,6
Median (Med.)	0,500	6,70	29,0	0,072	29,0	29,0	7,2	16,0	0,012	0,48	33,0
Minimum	0,350	5,70	12,0	0,030	15,0	10,0	4,8	10,0	0,008	0,23	17,0
Maximum	3,900	26,00	828,0	0,100	41,0	70,0	9,6	26,0	0,015	0,68	125,0
Anzahl (n)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Standardabwg.	1,504	8,66	352,0	0,028	11,2	22,7	2,0	6,2	0,004	0,19	43,8
Dispersion (Disp.)	0,150	1,00	17,0	0,024	10,0	8,0	1,7	6,0	0,003	0,20	10,0
25er Perzentil	0,490	6,40	13,0	0,072	19,0	21,0	5,9	16,0	0,008	0,23	25,0
75er Perzentil	0,980	8,20	156,0	0,096	37,0	32,0	8,9	22,0	0,015	0,48	43,0
90er Perzentil	2,732	18,88	559,2	0,098	39,4	54,8	9,3	24,4	0,015	0,60	92,2
97,5er Perzentil	3,608	24,22	760,8	0,100	40,6	66,2	9,5	25,6	0,015	0,66	116,8
99er Perzentil	3,783	25,29	801,1	0,100	40,8	68,5	9,6	25,8	0,015	0,67	121,7
Med. + 2*Disp.	0,800	8,70	63,0	0,120	49,0	45,0	10,6	28,0	0,018	0,88	53,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,580	6,75	18,0	0,074	28,2	23,0	7,3	18,0	0,012	0,42	29,5
Median (Med.)	0,495	6,55	13,0	0,072	29,0	25,0	7,2	16,0	0,012	0,48	29,0
Minimum	0,350	5,70	12,0	0,030	15,0	10,0	4,8	10,0	0,008	0,23	17,0
Maximum	0,980	8,20	29,0	0,100	41,0	32,0	9,6	26,0	0,015	0,68	43,0
Anzahl (n)	4	4	3	5	5	4	5	5	5	5	4
Standardabwg.	0,275	1,05	9,5	0,028	11,2	9,8	2,0	6,2	0,004	0,19	11,1
Dispersion (Disp.)	0,075	0,50	1,0	0,024	10,0	5,5	1,7	6,0	0,003	0,20	8,0
25er Perzentil	0,455	6,23	12,5	0,072	19,0	18,3	5,9	16,0	0,008	0,23	23,0
75er Perzentil	0,620	7,08	21,0	0,096	37,0	29,8	8,9	22,0	0,015	0,48	35,5
90er Perzentil	0,836	7,75	25,8	0,098	39,4	31,1	9,3	24,4	0,015	0,60	40,0
97,5er Perzentil	0,944	8,09	28,2	0,100	40,6	31,8	9,5	25,6	0,015	0,66	42,3
99er Perzentil	0,966	8,16	28,7	0,100	40,8	31,9	9,6	25,8	0,015	0,67	42,7
Med. + 2*Disp.	0,645	7,55	15,0	0,120	49,0	36,0	10,6	28,0	0,018	0,88	45,0

Anlage 1.1

Tabelle 3.1a: Urdaten Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Fließerden des Ob. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter					Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0087	BJ93	5/1/6	65,0	14,0		7,4	n.n.	31,6	0,260	6,10	15,0	0,011	130,0	119,0	25,0	49,0	0,023	0,23	99,0
0088	BJ93	5/1/7	48,0	35,6		7,6	n.n.	25,4	0,250	3,10	11,0	0,011	81,0	57,0	11,0	48,0	0,011	0,43	43,0
0089	BJ93	5/1/8	68,0	11,5		7,6	0,5	33,4	0,250	6,90	15,0	0,011	153,0	101,0	17,0	50,0	0,032	0,23	89,0
0093	BJ93	5/1/11	56,0	13,5		7,0	n.n.	31,1	0,320	5,90	21,0	0,011	106,0	78,0	16,0	36,0	0,032	0,34	73,0
0095	BJ93	5/1/12	40,0	40,3		7,4	n.n.	22,8	0,270	3,50	14,0	0,036	54,0	44,0	10,0	39,0	0,023	2,20	35,0
0100	BJ93	5/2/3	48,0	30,9		7,3	n.n.	25,0	0,220	2,80	13,0	0,021	73,0	54,0	11,0	24,0	0,011	0,49	57,0
0104	BJ93	5/3/3	28,0	61,4		6,8	n.n.	19,5	0,170	1,70	5,7	0,030	31,0	20,0	4,9	16,0	0,008	0,23	24,0
0112	BJ93	6/1/2	57,0	17,0	1,0	7,0	n.n.	30,2	0,380	4,50	20,0	0,048	106,0	78,0	16,0	35,0	0,029	0,85	80,0
0118	BJ93	6/2/3	50,0	10,3		7,0	0,7	30,1	0,450	5,80	24,0	0,078	105,0	71,0	22,0	30,0	0,064	0,48	75,0
0125	BJ93	6/3/4	42,0	18,4		6,2	0,3	25,4	0,034	3,90	15,0	0,018	84,0	62,0	14,0	26,0	0,029	0,52	54,0
0130	BJ93	7/1/2	63,0	9,6	0,0	6,9	0,3	31,9	0,088	4,40	11,0	0,015	128,0	102,0	17,0	31,0	0,032	0,52	70,0
0132	BJ93	7/1/3	77,0	8,4		6,9	n.n.	32,1	0,100	4,00	6,3	0,011	154,0	110,0	17,0	42,0	0,023	0,48	86,0
0134	BJ93	7/1/4	73,0	5,9		6,9	n.n.	29,3	0,180	4,80	8,8	0,011	149,0	113,0	19,0	41,0	0,029	0,47	82,0
0139	BJ93	7/2/3	69,0	6,8		6,5	n.n.	27,2	0,180	5,40	10,0	0,011	157,0	102,0	18,0	44,0	0,032	0,31	84,0
0143	BJ93	7/3/3	72,0	2,9	1,5	5,9	2,5	38,0	0,170	5,30	16,0	0,018	136,0	96,0	17,0	44,0	0,032	0,46	91,0
0145	BJ93	7/3/4	64,0	17,6		6,3	n.n.	32,5	0,180	3,80	12,0	0,011	112,0	84,0	15,0	39,0	0,023	0,60	68,0
0150	BJ93	7/4/3	40,0	36,0		6,4	n.n.	27,6	0,450	4,00	14,0	1,700	53,0	53,0	9,8	40,0	0,023	0,34	238,0
0161	BJ93	8/2/2	38,0	5,2	1,5	7,4	3,1	24,8	0,091	7,40	37,0	0,320	72,0	43,0	15,0	20,0	0,032	0,98	129,0
0200	BJ93	10/1/2	47,0	22,5	0,7	7,1	n.n.	26,7	0,200	3,10	10,0	0,430	94,0	70,0	14,0	34,0	0,014	0,48	63,0
0324	BJ93	14/4/2	19,0	12,9	1,7	6,9	1,5	28,7	0,380	5,10	22,0	0,360	55,0	53,0	7,9	24,0	0,190	0,23	112,0
0371	BJ93	16/2/2	35,0	5,3	2,4	7,2	n.n.	20,0	0,230	6,20	25,0	0,150	86,0	82,0	20,0	31,0	0,038	0,31	100,0
0373	BJ93	16/2/3	44,0	37,0		7,2	n.n.	18,3	0,210	3,90	15,0	0,036	75,0	62,0	11,0	24,0	0,013	0,31	39,0
0375	BJ93	16/2/4	53,0	25,7		7,2	n.n.	20,5	0,150	3,10	13,0	0,027	71,0	74,0	13,0	36,0	0,015	0,54	58,0
0386	BJ93	17/1/2	43,0	13,6	3,8	6,8	n.n.	32,6	0,380	7,40	22,0	0,150	95,0	67,0	18,0	45,0	0,100	0,62	84,0
0439	BJ94	2/3/3	21,0	64,7	-	7,6	n.b.	21,0	0,150	4,50	16,0	0,120	15,0	17,0	6,1	13,0	0,035	0,36	54,0

Anlage 1.1

Tabelle 3.1b: Statistik Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Fließerden des Ob. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,230	4,66	15,7	0,146	95,0	72,5	14,6	34,4	0,036	0,52	79,5
Median (Med.)	0,210	4,50	15,0	0,027	94,0	71,0	15,0	36,0	0,029	0,47	75,0
Minimum	0,034	1,70	5,7	0,011	15,0	17,0	4,9	13,0	0,008	0,23	24,0
Maximum	0,450	7,40	37,0	1,700	157,0	119,0	25,0	50,0	0,190	2,20	238,0
Anzahl (n)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Standardabwg.	0,112	1,48	6,8	0,345	38,8	27,2	4,8	10,3	0,037	0,39	41,1
Dispersion (Disp.)	0,060	1,00	4,0	0,016	23,0	18,0	3,0	8,0	0,006	0,13	17,0
25er Perzentil	0,170	3,80	11,0	0,011	72,0	54,0	11,0	26,0	0,023	0,31	57,0
75er Perzentil	0,270	5,80	20,0	0,120	128,0	96,0	17,0	42,0	0,032	0,52	89,0
90er Perzentil	0,380	6,62	23,2	0,344	151,4	106,8	19,6	46,8	0,054	0,76	107,2
97,5er Perzentil	0,450	7,40	29,8	0,938	155,2	115,4	23,2	49,4	0,136	1,47	172,6
99er Perzentil	0,450	7,40	34,1	1,395	156,3	117,6	24,3	49,8	0,168	1,91	211,8
Med. + 2*Disp.	0,330	6,50	23,0	0,059	140,0	107,0	21,0	52,0	0,041	0,73	109,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,230	4,66	14,8	0,023	95,0	72,5	14,6	34,4	0,025	0,45	72,9
Median (Med.)	0,210	4,50	14,5	0,017	94,0	71,0	15,0	36,0	0,026	0,47	74,0
Minimum	0,034	1,70	5,7	0,011	15,0	17,0	4,9	13,0	0,008	0,23	24,0
Maximum	0,450	7,40	25,0	0,078	157,0	119,0	25,0	50,0	0,038	0,98	129,0
Anzahl (n)	25	25	24	18	25	25	25	25	22	24	24
Standardabwg.	0,112	1,48	5,3	0,018	38,8	27,2	4,8	10,3	0,009	0,19	25,0
Dispersion (Disp.)	0,060	1,00	3,5	0,006	23,0	18,0	3,0	8,0	0,006	0,13	16,5
25er Perzentil	0,170	3,80	11,0	0,011	72,0	54,0	11,0	26,0	0,017	0,31	56,3
75er Perzentil	0,270	5,80	17,0	0,029	128,0	96,0	17,0	42,0	0,032	0,52	86,8
90er Perzentil	0,380	6,62	22,0	0,040	151,4	106,8	19,6	46,8	0,032	0,61	99,7
97,5er Perzentil	0,450	7,40	24,4	0,065	155,2	115,4	23,2	49,4	0,036	0,91	119,2
99er Perzentil	0,450	7,40	24,8	0,073	156,3	117,6	24,3	49,8	0,037	0,95	125,1
Med. + 2*Disp.	0,330	6,50	21,5	0,028	140,0	107,0	21,0	52,0	0,038	0,72	107,0

Anlage 1.1

Tabelle 3.1c: Urdaten Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Fließerden des Ob. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte										(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0084	BJ93	5/1/3							0,450	5,50	16,0	0,011	126,0	103,0	26,0	144,0	0,011	0,23	73,0
0085	BJ93	5/1/4							0,290	5,40	14,0	0,011	172,0	113,0	31,0	58,0	0,032	0,23	101,0
0086	BJ93	5/1/5							0,120	4,80	9,4	0,011	105,0	81,0	16,0	28,0	0,026	0,43	55,0
0094	BJ93	5/1/11		76,3		8,0			0,130	2,00	1,5	0,027	27,0	37,0	6,7	19,0	0,008	0,23	20,0
0096	BJ93	5/1/12		74,8		7,9			0,170	0,44	1,5	0,027	22,0	18,0	4,9	19,0	0,008	0,23	15,0
0101	BJ93	5/2/3		79,4		7,8			0,100	0,84	1,5	0,018	15,0	12,0	2,5	7,6	0,055	0,23	9,0
0113	BJ93	6/1/2		89,0		7,9			0,065	0,81	1,5	0,051	6,6	6,9	1,5	9,2	0,008	0,23	8,5
0119	BJ93	6/2/3		71,3		7,9			0,077	0,38	2,4	0,033	6,8	6,4	1,5	3,2	0,008	0,23	3,9
0126	BJ93	6/3/4		75,7		7,9			0,110	0,42	8,5	0,018	10,0	8,1	1,5	7,3	0,008	0,23	7,8
0372	BJ93	16/2/2		54,4		7,7			0,160	2,40	13,0	0,087	32,0	27,0	7,7	18,0	0,008	0,23	24,0
0374	BJ93	16/2/3		40,8		7,7			0,095	0,47	13,0	0,100	85,0	71,0	13,0	27,0	0,015	0,47	40,0
0376	BJ93	16/2/4		34,2		7,7			0,056	0,19	10,0	0,018	121,0	99,0	13,0	27,0	0,008	0,31	59,0
0131	BJ93	7/1/2		36,0		7,8			0,200	4,20	9,4	0,140	87,0	82,0	16,0	29,0	0,022	0,42	44,0
0133	BJ93	7/1/3		20,1		7,8			0,180	3,80	8,2	0,054	115,0	97,0	18,0	37,0	0,012	0,36	66,0
0135	BJ93	7/1/4		58,8		7,8			0,064	2,00	4,2	0,011	48,0	42,0	8,7	20,0	0,008	0,23	25,0
0440	BJ94	2/3/3		82,2					0,230	2,30	16,0	0,230	12,0	9,6	2,1	4,7	0,013	0,33	32,0

Anlage 1.1

Tabelle 3.1d: Statistik Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Fließerden des Ob. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte	Schwermetallgehalte										
Urdaten	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,156	2,25	8,1	0,053	61,9	50,8	10,6	28,6	0,016	0,29	36,5
Median (Med.)	0,125	2,00	9,0	0,027	40,0	39,5	8,2	19,5	0,010	0,23	28,5
Minimum	0,056	0,19	1,5	0,011	6,6	6,4	1,5	3,2	0,008	0,23	3,9
Maximum	0,450	5,50	16,0	0,230	172,0	113,0	31,0	144,0	0,055	0,47	101,0
Anzahl (n)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Standardabwg.	0,102	1,91	5,4	0,060	53,5	40,1	9,0	33,8	0,013	0,09	28,0
Dispersion (Disp.)	0,052	1,57	4,9	0,016	33,3	32,1	6,4	9,9	0,002	0,00	19,8
25er Perzentil	0,091	0,46	2,2	0,016	14,3	11,4	2,4	8,8	0,008	0,23	13,5
75er Perzentil	0,185	3,90	13,0	0,062	107,5	85,8	16,0	28,3	0,017	0,34	56,0
90er Perzentil	0,260	5,10	15,0	0,120	123,5	101,0	22,0	47,5	0,029	0,43	69,5
97,5er Perzentil	0,390	5,46	16,0	0,196	154,8	109,3	29,1	111,8	0,046	0,46	90,5
99er Perzentil	0,426	5,49	16,0	0,217	165,1	111,5	30,3	131,1	0,052	0,46	96,8
Med. + 2*Disp.	0,228	5,14	18,8	0,059	106,6	103,6	21,0	39,3	0,013	0,23	68,0

Kennwerte	Schwermetallgehalte										
ohne Ausreißer	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,136	2,25	8,1	0,029	61,9	50,8	10,6	20,9	0,010	0,23	36,5
Median (Med.)	0,120	2,00	9,0	0,018	40,0	39,5	8,2	19,0	0,008	0,23	28,5
Minimum	0,056	0,19	1,5	0,011	6,6	6,4	1,5	3,2	0,008	0,23	3,9
Maximum	0,290	5,50	16,0	0,087	172,0	113,0	31,0	58,0	0,015	0,23	101,0
Anzahl (n)	15	16	16	13	16	16	16	15	12	10	16
Standardabwg.	0,068	1,91	5,4	0,023	53,5	40,1	9,0	14,4	0,003	0,00	28,0
Dispersion (Disp.)	0,050	1,57	4,9	0,007	33,3	32,1	6,4	9,8	0,000	0,00	19,8
25er Perzentil	0,086	0,46	2,2	0,011	14,3	11,4	2,4	8,4	0,008	0,23	13,5
75er Perzentil	0,175	3,90	13,0	0,033	107,5	85,8	16,0	27,5	0,011	0,23	56,0
90er Perzentil	0,218	5,10	15,0	0,053	123,5	101,0	22,0	33,8	0,013	0,23	69,5
97,5er Perzentil	0,269	5,46	16,0	0,077	154,8	109,3	29,1	50,7	0,014	0,23	90,5
99er Perzentil	0,282	5,49	16,0	0,083	165,1	111,5	30,3	55,1	0,015	0,23	96,8
Med. + 2*Disp.	0,220	5,14	18,8	0,032	106,6	103,6	21,0	38,6	0,008	0,23	68,0

Anlage 1.1

Tabelle 3.2a: Urdaten Mergekalke, Mergel des Mittl. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0107	BJ93	5/4/2	18,0	69,7	0,0	6,9	n.n.	10,7	0,120	3,90	13,0	0,030	6,4	11,0	5,3	9,2	0,035	0,38	43,0	
0109	BJ93	5/4/4	20,0	50,8		7,0	n.n.	11,7	0,270	7,00	22,0	0,011	11,0	17,0	9,7	21,0	0,011	0,51	50,0	
0156	BJ93	8/1/2	34,0	45,8	0,0	7,2	1,3	20,5	0,340	6,30	13,0	0,280	40,0	32,0	6,0	25,0	0,058	1,30	91,0	
0165	BJ93	8/2/5	51,0	24,3		7,4	1,5	25,6	0,280	7,60	26,0	0,200	74,0	50,0	13,0	24,0	0,049	1,10	122,0	
0169	BJ93	8/3/2	9,0	85,9	0,0	7,5	n.n.	7,9	0,110	1,50	8,2	0,030	5,5	6,4	3,5	7,6	0,008	0,80	17,0	
0171	BJ93	8/3/3	7,0	86,3		7,5	n.n.	4,5	0,092	1,10	4,4	0,011	3,8	5,0	2,3	8,6	0,008	0,52	11,0	
0173	BJ93	8/3/4	9,0	87,7		7,5	0,1	5,3	0,097	1,40	6,4	0,011	5,5	6,2	3,1	9,7	0,008	0,44	22,0	
0205	BJ93	10/2/2	22,0	58,5	0,0	6,5	n.n.	15,7	0,180	3,40	8,6	0,400	32,0	19,0	5,8	7,7	0,026	0,46	28,0	
0207	BJ93	10/2/3	11,0	75,0		6,7	n.n.	7,8	0,063	2,90	4,2	0,096	11,0	11,0	3,5	7,7	0,008	0,23	10,0	
0391	BJ93	17/2/2	36,0	20,6	4,3	7,1	n.n.	24,4	0,490	9,20	32,0	0,280	52,0	42,0	10,0	20,0	0,065	0,50	94,0	
0393	BJ93	17/2/3	23,0	58,4		7,1	n.n.	17,5	0,290	5,20	15,0	0,110	19,0	38,0	5,8	11,0	0,048	0,23	44,0	
0450	BJ94	2/5/4	21,0	55,7	-	7,5	n.b.	15,6	0,470	7,40	20,0	0,470	23,0	20,0	7,4	13,0	0,060	0,39	55,0	
0574	BJ94	6/5/3	22,0	89,1	-	7,6	n.b.	23,3	0,300	9,00	12,0	0,310	21,0	16,0	6,1	9,6	0,041	0,45	51,0	
0576	BJ94	6/5/4	6,0	48,9	-	7,6	n.b.	8,5	0,170	6,40	1,5	0,069	5,9	6,6	2,7	3,2	0,008	0,23	12,0	
0578	BJ94	6/5/5	3,0	84,5	-	-	-	-	0,240	7,40	1,5	0,051	7,6	9,8	3,0	6,5	0,008	0,62	12,0	
0582	BJ94	6/6/2	18,0	45,3	-	7,6	n.b.	17,5	0,400	6,10	16,0	0,180	20,0	17,0	7,3	7,6	0,025	0,79	40,0	
0584	BJ94	6/6/3	11,0	61,8	-	7,6	5,9	13,0	0,230	5,30	11,0	0,064	11,0	13,0	5,9	5,5	0,014	0,57	26,0	
0586	BJ94	6/6/4	12,0	52,6	-	-	-	-	0,230	5,20	10,0	0,087	11,0	15,0	5,7	6,2	0,014	0,46	27,0	
1348	RM	155	30,2	82,0	0,7	7,2			0,150	4,40	13,0	0,039	11,0	11,0	1,5	9,2	0,011	0,39	22,0	
1351	RM	158	51,8	66,5	0,2	7,2			0,160	3,50	12,0	0,051	18,0	18,0	6,1	13,0	0,022	0,37	35,0	

Anlage 1.1

Tabelle 3.2b: Statistik Mergekalke, Mergel des Mittl. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,234	5,21	12,5	0,139	19,4	18,2	5,7	11,3	0,026	0,54	40,6
Median (Med.)	0,230	5,25	12,0	0,078	11,0	15,5	5,8	9,2	0,018	0,46	31,5
Minimum	0,063	1,10	1,5	0,011	3,8	5,0	1,5	3,2	0,008	0,23	10,0
Maximum	0,490	9,20	32,0	0,470	74,0	50,0	13,0	25,0	0,065	1,30	122,0
Anzahl (n)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Standardabwg.	0,123	2,42	7,9	0,139	17,9	12,6	2,9	6,3	0,020	0,28	30,5
Dispersion (Disp.)	0,075	1,80	3,9	0,058	6,3	4,5	2,0	2,3	0,010	0,09	16,5
25er Perzentil	0,143	3,48	7,8	0,037	7,3	10,7	3,4	7,6	0,008	0,39	20,8
75er Perzentil	0,293	7,10	15,3	0,220	21,5	19,3	6,4	13,0	0,043	0,58	50,3
90er Perzentil	0,407	7,74	22,4	0,319	41,2	38,4	9,7	21,3	0,058	0,83	91,3
97,5er Perzentil	0,481	9,11	29,2	0,437	63,6	46,2	11,6	24,5	0,063	1,21	108,7
99er Perzentil	0,486	9,16	30,9	0,457	69,8	48,5	12,4	24,8	0,064	1,26	116,7
Med. + 2*Disp.	0,380	8,85	19,8	0,193	23,5	24,5	9,7	13,7	0,038	0,63	64,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,234	5,21	11,5	0,094	13,1	13,8	5,7	8,5	0,022	0,46	36,3
Median (Med.)	0,230	5,25	12,0	0,064	11,0	13,0	5,8	8,2	0,014	0,46	28,0
Minimum	0,063	1,10	1,5	0,011	3,8	5,0	1,5	3,2	0,008	0,23	10,0
Maximum	0,490	9,20	26,0	0,280	32,0	32,0	13,0	13,0	0,058	0,80	94,0
Anzahl (n)	20	20	19	17	17	17	20	16	18	18	19
Standardabwg.	0,123	2,42	6,6	0,088	7,8	6,7	2,9	2,6	0,017	0,16	24,4
Dispersion (Disp.)	0,075	1,80	3,8	0,034	5,5	4,0	2,0	1,5	0,006	0,07	16,0
25er Perzentil	0,143	3,48	7,3	0,030	6,4	9,8	3,4	7,3	0,008	0,38	19,5
75er Perzentil	0,293	7,10	14,0	0,110	19,0	17,0	6,4	9,6	0,033	0,52	47,0
90er Perzentil	0,407	7,74	20,4	0,232	21,8	19,4	9,7	12,0	0,048	0,67	62,2
97,5er Perzentil	0,481	9,11	24,2	0,280	28,4	27,2	11,6	13,0	0,054	0,80	92,7
99er Perzentil	0,486	9,16	25,3	0,280	30,6	30,1	12,4	13,0	0,056	0,80	93,5
Med. + 2*Disp.	0,380	8,85	19,6	0,132	22,0	21,0	9,7	11,2	0,026	0,60	60,0

Anlage 1.1

Tabelle 3.2c: Urdaten Mergekalk, Mergel und Kalksteine des Mittl. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0082	BJ93	5/1/1		83,8		8,1			0,063	0,21	1,5	0,011	2,3	13,0	1,5	11,0	0,008	0,23	6,7	
0083	BJ93	5/1/2		87,3		8,1			0,034	0,28	2,6	0,015	11,0	11,0	2,7	6,0	0,008	0,23	7,2	
0108	BJ93	5/4/3		95,2		8,0			0,092	1,80	1,5	0,024	2,1	4,4	1,5	4,4	0,008	0,23	41,0	
0114	BJ93	6/1/3		93,5		7,9			0,089	1,30	1,5	0,018	3,5	6,2	1,5	10,0	0,008	0,23	6,2	
0127	BJ93	6/3/5		82,3		7,9			0,087	0,75	2,9	0,021	10,0	8,4	2,2	3,3	0,008	0,23	8,2	
0140	BJ93	7/2/3		79,2		7,8			0,098	1,60	4,2	0,075	19,0	19,0	6,1	8,9	0,012	0,23	12,0	
0144	BJ93	7/3/3		61,5		7,0			0,170	2,10	6,6	0,030	32,0	36,0	7,5	19,0	0,008	0,23	21,0	
0149	BJ93	7/4/2		74,8		7,4			0,095	1,80	1,5	0,036	9,0	8,9	2,6	6,8	0,008	0,23	8,5	
0151	BJ93	7/4/3		47,7		7,5			0,210	1,50	1,5	1,600	23,0	24,0	4,4	16,0	0,008	0,23	118,0	
0157	BJ93	8/1/2		77,2		7,6			0,140	1,90	2,3	0,093	13,0	10,0	2,1	5,0	0,012	0,23	23,0	
0158	BJ93	8/1/3		78,1		7,8			0,150	2,60	1,5	0,093	14,0	14,0	2,5	6,5	0,012	0,23	26,0	
0162	BJ93	8/2/2		84,8		7,8			0,130	1,30	1,5	0,075	9,7	6,6	2,2	3,2	0,015	0,23	15,0	
0166	BJ93	8/2/5		80,5		7,8			0,100	0,44	1,5	0,066	14,0	10,0	2,9	7,5	0,008	0,23	15,0	
0170	BJ93	8/3/2		85,8		7,9			0,120	1,20	5,0	0,042	9,0	8,0	2,5	3,8	0,008	0,23	12,0	
0172	BJ93	8/3/3		90,0		8,0			0,140	0,48	3,6	0,033	6,7	6,4	2,2	2,8	0,008	0,23	11,0	
0174	BJ93	8/3/4		88,6		8,0			0,110	0,37	7,0	0,011	7,9	7,9	2,8	8,2	0,022	0,23	11,0	
0201	BJ93	10/1/2		65,5		7,9			0,120	1,10	5,1	0,015	25,0	21,0	5,0	11,0	0,008	0,23	16,0	
0202	BJ93	10/1/3		76,4		7,9			0,120	0,53	3,1	0,011	10,0	11,0	2,4	6,8	0,008	0,23	9,8	
0206	BJ93	10/2/2		87,5		7,9			0,098	0,76	3,8	0,030	6,9	9,8	1,5	3,8	0,008	0,23	6,4	
0208	BJ93	10/2/3		91,2		7,9			0,071	1,20	3,6	0,011	5,6	4,4	1,5	7,5	0,008	0,23	3,8	
0325	BJ93	14/4/2		56,6		7,2			0,250	1,00	5,4	0,051	13,0	17,0	2,9	1,5	0,012	0,23	23,0	
0326	BJ93	14/4/3		59,3		7,3			0,220	1,30	3,1	0,030	13,0	15,0	2,6	3,0	0,008	0,23	20,0	
0387	BJ93	17/1/2		79,5		7,6			0,140	0,47	6,0	0,030	23,0	17,0	3,6	21,0	0,008	0,23	17,0	
0388	BJ93	17/1/3		71,4		7,7			0,120	1,00	7,6	0,027	14,0	12,0	2,8	16,0	0,008	0,23	11,0	
0392	BJ93	17/2/2		83,8		7,6			0,092	0,99	3,0	0,063	6,5	6,2	1,5	7,0	0,008	0,23	8,2	
0394	BJ93	17/2/3		86,6		7,7			0,130	1,80	8,0	0,072	8,9	7,4	1,5	12,0	0,008	0,23	14,0	
0395	BJ93	17/2/4		79,8		7,7			0,120	0,28	6,6	0,027	10,0	9,6	3,0	6,3	0,008	0,23	18,0	
0451	BJ94	2/5/4		53,6					0,340	2,30	8,0	0,260	6,5	6,1	1,5	4,0	0,008	0,30	17,0	
0575	BJ94	6/5/3		93,3					0,081	2,80	6,3	0,075	3,4	5,1	1,5	2,5	0,008	0,23	12,0	
0577	BJ94	6/5/4		88,5					0,074	3,70	6,3	0,030	3,1	6,6	1,5	2,0	0,008	0,23	8,1	
0579	BJ94	6/5/5		76,8					0,071	4,80	9,5	0,018	4,4	7,7	1,5	3,9	0,008	0,23	9,5	
0583	BJ94	6/6/2		75,5					0,110	3,10	11,0	0,042	12,0	9,9	3,7	6,3	0,008	0,23	19,0	
0585	BJ94	6/6/3		85,6					0,120	2,50	11,0	0,048	8,3	9,0	3,4	7,3	0,008	0,30	15,0	
0587	BJ94	6/6/4		85,0					0,050	0,86	9,9	0,024	5,0	6,1	1,5	4,5	0,008	0,23	9,0	

Anlage 1.1

Tabelle 3.2d: Statistik Mergekalke, Mergel und Kalksteine des Mittl. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,122	1,47	4,8	0,091	10,7	11,0	2,7	7,3	0,009	0,23	17,0
Median (Med.)	0,115	1,25	4,0	0,030	9,4	9,3	2,5	6,4	0,008	0,23	12,0
Minimum	0,034	0,21	1,5	0,011	2,1	4,4	1,5	1,5	0,008	0,23	3,8
Maximum	0,340	4,80	11,0	1,600	32,0	36,0	7,5	21,0	0,022	0,30	118,0
Anzahl (n)	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Standardabwg.	0,060	1,05	2,9	0,270	6,9	6,5	1,4	4,8	0,003	0,02	19,3
Dispersion (Disp.)	0,025	0,60	2,5	0,015	3,7	2,8	1,0	2,6	0,000	0,00	4,0
25er Perzentil	0,090	0,75	2,4	0,022	6,5	6,6	1,5	3,8	0,008	0,23	8,6
75er Perzentil	0,138	1,88	6,6	0,065	13,0	12,8	2,9	8,7	0,008	0,23	17,8
90er Perzentil	0,198	2,74	9,1	0,088	21,8	18,4	4,2	14,8	0,012	0,23	23,0
97,5er Perzentil	0,266	3,89	11,0	0,494	26,2	26,1	6,3	19,4	0,016	0,30	54,5
99er Perzentil	0,310	4,44	11,0	1,158	29,7	32,0	7,0	20,3	0,020	0,30	92,6
Med. + 2*Disp.	0,165	2,45	9,0	0,060	16,7	14,9	4,4	11,5	0,008	0,23	19,9

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,108	1,30	4,8	0,035	9,6	9,5	2,5	6,5	0,008	0,23	13,1
Median (Med.)	0,110	1,20	4,0	0,030	9,0	8,9	2,4	6,3	0,008	0,23	12,0
Minimum	0,034	0,21	1,5	0,011	2,1	4,4	1,5	1,5	0,008	0,23	3,8
Maximum	0,210	3,10	11,0	0,075	23,0	19,0	6,1	16,0	0,008	0,23	26,0
Anzahl (n)	31	32	34	30	32	31	33	32	28	32	32
Standardabwg.	0,036	0,79	2,9	0,021	5,3	3,8	1,1	3,7	0,000	0,00	5,6
Dispersion (Disp.)	0,020	0,60	2,5	0,012	3,7	2,3	0,9	2,5	0,000	0,00	3,9
25er Perzentil	0,088	0,70	2,4	0,019	6,3	6,5	1,5	3,8	0,008	0,23	8,4
75er Perzentil	0,125	1,80	6,6	0,047	13,0	11,0	2,9	7,7	0,008	0,23	17,0
90er Perzentil	0,140	2,48	9,1	0,072	14,0	15,0	3,7	11,0	0,008	0,23	20,9
97,5er Perzentil	0,180	2,87	11,0	0,075	23,0	17,5	5,2	16,0	0,008	0,23	23,7
99er Perzentil	0,198	3,01	11,0	0,075	23,0	18,4	5,7	16,0	0,008	0,23	25,1
Med. + 2*Disp.	0,150	2,40	9,0	0,054	16,4	13,5	4,2	11,2	0,008	0,23	19,7

Anlage 1.1

Tabelle 3.3a: Urdaten Kalkstein, Wellenkalk des Unt. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0189	BJ93	9/2/4	31,0	49,3		7,5	n.n.	17,1	0,300	11,00	12,0	0,110	42,0	32,0	7,9	26,0	0,008	0,47	40,0	
0195	BJ93	9/3/2	28,0	48,4	1,9	7,0	n.n.	23,8	0,260	6,40	15,0	0,340	28,0	16,0	6,5	10,0	0,023	0,72	40,0	
0215	BJ93	10/4/3	33,0	31,0	5,7	6,9	n.n.	37,7	0,000	14,00	54,0	0,440	58,0	29,0	11,0	18,0	0,102	0,38	84,0	
0443	BJ94	2/4/2	15,0	27,8	5,1	7,5	n.b.	30,1	0,220	8,60	41,0	0,300	42,0	26,0	14,0	20,0	0,065	0,58	67,0	
0452	BJ94	2/5/5	11,0	61,4	-	7,6	n.b.	11,2	0,300	5,30	15,0	0,340	15,0	15,0	5,9	12,0	0,025	0,23	38,0	
0454	BJ94	2/5/6	11,0	55,4	-	7,6	n.b.	9,5	0,260	4,50	15,0	0,200	17,0	15,0	5,3	11,0	0,020	0,23	31,0	
0567	BJ94	6/4/2	16,0	7,1	7,1	7,3	11,5	33,0	0,410	9,60	43,0	0,360	60,0	32,0	17,0	22,0	0,039	0,68	93,0	

Anlage 1.1

Tabelle 3.3b: Statistik Kalkstein, Wellenkalk des Unt. Muschelkalk (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,292	8,49	27,9	0,299	37,4	23,6	9,7	17,0	0,040	0,47	56,1
Median (Med.)	0,280	8,60	15,0	0,340	42,0	26,0	7,9	18,0	0,025	0,47	40,0
Minimum	0,220	4,50	12,0	0,110	15,0	15,0	5,3	10,0	0,008	0,23	31,0
Maximum	0,410	14,00	54,0	0,440	60,0	32,0	17,0	26,0	0,102	0,72	93,0
Anzahl (n)	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Standardabwg.	0,065	3,38	17,5	0,110	18,2	8,0	4,5	6,1	0,033	0,20	24,9
Dispersion (Disp.)	0,020	2,40	3,0	0,040	16,0	6,0	2,6	6,0	0,014	0,21	9,0
25er Perzentil	0,260	5,85	15,0	0,250	22,5	15,5	6,2	11,5	0,022	0,31	39,0
75er Perzentil	0,300	10,30	42,0	0,350	50,0	30,5	12,5	21,0	0,052	0,63	75,5
90er Perzentil	0,355	12,20	47,4	0,392	58,8	32,0	15,2	23,6	0,080	0,70	87,6
97,5er Perzentil	0,396	13,55	52,4	0,428	59,7	32,0	16,6	25,4	0,096	0,71	91,7
99er Perzentil	0,405	13,82	53,3	0,435	59,9	32,0	16,8	25,8	0,100	0,72	92,5
Med. + 2*Disp.	0,320	13,40	21,0	0,420	74,0	38,0	13,1	30,0	0,053	0,89	58,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,268	8,49	14,3	0,330	37,4	23,6	9,7	17,0	0,030	0,47	43,2
Median (Med.)	0,260	8,60	15,0	0,340	42,0	26,0	7,9	18,0	0,024	0,47	40,0
Minimum	0,220	4,50	12,0	0,200	15,0	15,0	5,3	10,0	0,008	0,23	31,0
Maximum	0,300	14,00	15,0	0,440	60,0	32,0	17,0	26,0	0,065	0,72	67,0
Anzahl (n)	5	7	4	6	7	7	7	7	6	7	5
Standardabwg.	0,033	3,38	1,5	0,079	18,2	8,0	4,5	6,1	0,020	0,20	13,8
Dispersion (Disp.)	0,040	2,40	0,0	0,030	16,0	6,0	2,6	6,0	0,010	0,21	2,0
25er Perzentil	0,260	5,85	14,3	0,310	22,5	15,5	6,2	11,5	0,021	0,31	38,0
75er Perzentil	0,300	10,30	15,0	0,355	50,0	30,5	12,5	21,0	0,036	0,63	40,0
90er Perzentil	0,300	12,20	15,0	0,400	58,8	32,0	15,2	23,6	0,052	0,70	56,2
97,5er Perzentil	0,300	13,55	15,0	0,430	59,7	32,0	16,6	25,4	0,062	0,71	64,3
99er Perzentil	0,300	13,82	15,0	0,436	59,9	32,0	16,8	25,8	0,064	0,72	65,9
Med. + 2*Disp.	0,340	13,40	15,0	0,400	74,0	38,0	13,1	30,0	0,043	0,89	44,0

Anlage 1.1

Tabelle 3.3c: Urdaten Kalkstein, Wellenkalk des Unt. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0190	BJ93	9/2/4		73,7		8,0			0,084	2,70	6,7	0,042	9,1	8,5	2,5	6,5	0,008	0,23	10,0	
0196	BJ93	9/3/2		31,9		8,0			0,095	0,52	3,7	0,069	9,7	6,0	1,5	2,8	0,008	0,23	14,0	
0197	BJ93	9/3/3		88,7		8,0			0,100	0,50	2,2	0,051	3,1	3,4	1,5	7,0	0,008	0,23	9,5	
0211	BJ93	10/3/2		77,3		7,8			0,120	2,30	6,4	0,018	17,0	8,6	11,0	9,4	0,008	0,23	5,6	
0216	BJ93	10/4/3		85,2		7,9			0,059	0,62	3,5	0,011	3,6	3,4	8,5	5,7	0,008	0,23	2,5	
0217	BJ93	10/4/4		86,9		7,9			0,093	0,89	4,7	0,018	4,8	5,0	3,9	4,8	0,012	0,23	1,5	
0398	BJ93	17/3/2		88,8		7,7			0,085	0,52	6,2	0,011	1,5	4,3	1,5	8,8	0,008	0,23	4,2	
0444	BJ94	2/4/2		74,2					0,190	1,70	6,8	0,011	12,0	9,2	3,2	2,8	0,008	0,36	12,0	
0445	BJ94	2/4/3		-					0,120	1,60	5,3	0,011	6,3	5,4	1,5	2,0	0,008	0,23	6,9	
0453	BJ94	2/5/5		75,9					0,240	2,60	11,0	0,190	8,7	8,3	2,1	6,3	0,008	0,36	23,0	
0455	BJ94	2/5/6		75,3					0,240	2,70	8,7	0,140	7,3	7,5	2,2	4,3	0,008	0,33	26,0	
0456	BJ94	2/5/7		-					0,380	4,10	6,5	0,087	4,3	7,3	2,2	2,8	0,008	0,33	24,0	
0568	BJ94	6/4/2		84,5					0,140	1,40	12,0	0,033	4,6	6,9	1,5	3,0	0,008	0,23	8,6	
0569	BJ94	6/4/3		85,3					0,034	0,92	9,3	0,024	3,7	5,3	1,5	2,0	0,008	0,23	5,8	

Anlage 1.1

Tabelle 3.3d: Statistik Kalkstein, Wellenkalk des Unt. Muschelkalk (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,141	1,65	6,6	0,051	6,8	6,4	3,2	4,9	0,008	0,26	11,0
Median (Med.)	0,110	1,50	6,5	0,029	5,6	6,5	2,2	4,6	0,008	0,23	9,1
Minimum	0,034	0,50	2,2	0,011	1,5	3,4	1,5	2,0	0,008	0,23	1,5
Maximum	0,380	4,10	12,0	0,190	17,0	9,2	11,0	9,4	0,012	0,36	26,0
Anzahl (n)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Standardabwg.	0,092	1,10	2,8	0,054	4,2	2,0	2,9	2,5	0,001	0,05	8,0
Dispersion (Disp.)	0,028	0,93	2,0	0,018	2,2	1,7	0,7	1,8	0,000	0,00	4,2
25er Perzentil	0,087	0,69	4,9	0,013	3,9	5,1	1,5	2,8	0,008	0,23	5,7
75er Perzentil	0,178	2,53	8,2	0,065	9,0	8,1	3,0	6,5	0,008	0,31	13,5
90er Perzentil	0,240	2,70	10,5	0,124	11,3	8,6	7,1	8,3	0,008	0,35	23,7
97,5er Perzentil	0,335	3,65	11,7	0,174	15,4	9,0	10,2	9,2	0,011	0,36	25,4
99er Perzentil	0,362	3,92	11,9	0,184	16,4	9,1	10,7	9,3	0,011	0,36	25,7
Med. + 2*Disp.	0,166	3,36	10,5	0,064	10,0	9,8	3,5	8,1	0,008	0,23	17,4

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,102	1,65	6,6	0,032	6,1	6,4	2,1	4,9	0,008	0,23	9,8
Median (Med.)	0,095	1,50	6,5	0,021	4,8	6,5	1,8	4,6	0,008	0,23	8,6
Minimum	0,034	0,50	2,2	0,011	1,5	3,4	1,5	2,0	0,008	0,23	1,5
Maximum	0,190	4,10	12,0	0,087	12,0	9,2	3,9	9,4	0,008	0,23	24,0
Anzahl (n)	11	14	14	12	13	14	12	14	13	10	13
Standardabwg.	0,041	1,10	2,8	0,025	3,1	2,0	0,8	2,5	0,000	0,00	7,0
Dispersion (Disp.)	0,025	0,93	2,0	0,010	1,7	1,7	0,3	1,8	0,000	0,00	3,4
25er Perzentil	0,085	0,69	4,9	0,011	3,7	5,1	1,5	2,8	0,008	0,23	5,6
75er Perzentil	0,120	2,53	8,2	0,044	8,7	8,1	2,3	6,5	0,008	0,23	12,0
90er Perzentil	0,140	2,70	10,5	0,067	9,6	8,6	3,1	8,3	0,008	0,23	21,2
97,5er Perzentil	0,178	3,65	11,7	0,082	11,3	9,0	3,7	9,2	0,008	0,23	23,7
99er Perzentil	0,185	3,92	11,9	0,085	11,7	9,1	3,8	9,3	0,008	0,23	23,9
Med. + 2*Disp.	0,145	3,36	10,5	0,041	8,2	9,8	2,4	8,1	0,008	0,23	15,4

Anlage 1.1

Tabelle 4.1a: Urdaten Tonsteine, Kolluvien des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0185	BJ93	9/2/2	40,0	22,8	1,0	7,5	n.n.	25,0	0,390	6,40	18,0	0,230	66,0	44,0	11,0	20,0	0,020	0,75	80,0	
0187	BJ93	9/2/3	42,0	11,5	1,2	7,5	n.n.	25,4	0,300	7,20	26,0	0,150	133,0	79,0	11,0	19,0	0,026	0,50	95,0	
0191	BJ93	9/2/5	34,0	32,3		7,5	n.n.	19,6	0,430	8,60	9,2	0,057	68,0	42,0	11,0	41,0	0,008	0,56	61,0	
0239	BJ93	11/4/3	38,0	3,5		7,0	n.n.	16,0	0,520	1,90	12,0	0,021	67,0	41,0	12,0	13,0	0,008	0,48	79,0	
0241	BJ93	11/4/4	36,0	15,5		7,0	n.n.	19,7	0,470	2,70	7,5	0,011	86,0	54,0	15,0	14,0	0,008	0,43	98,0	
0431	BJ94	2/2/3	28,0	9,0	0,8	7,5	n.b.	15,7	0,450	13,00	25,0	0,089	56,0	32,0	14,0	25,0	0,045	0,74	66,0	
0542	BJ94	6/1/2	34,0	0,4	1,6	6,6	9,4	15,8	0,370	11,00	19,0	0,051	72,0	31,0	15,0	11,0	0,022	0,56	75,0	
0544	BJ94	6/1/3	31,0	0,8	-	6,9	10,2	13,4	0,370	3,50	11,0	0,031	66,0	30,0	16,0	8,6	0,014	0,65	73,0	
0546	BJ94	6/1/4	20,0	-	-	6,6	9,2	14,5	0,570	6,30	11,0	0,020	70,0	34,0	12,0	7,6	0,008	0,45	64,0	
0547	BJ94	6/1/5	26,0	-	-	6,7	10,5	22,2	0,170	2,10	13,0	0,037	84,0	45,0	18,0	14,0	0,017	0,72	84,0	
0561	BJ94	6/3/3	27,0	0,7	-	6,4	11,8	21,2	0,170	2,70	12,0	0,031	53,0	43,0	9,3	12,0	0,020	0,77	64,0	
0563	BJ94	6/3/4	18,0	0,8	-	6,3	6,2	18,3	0,560	3,70	12,0	0,027	85,0	37,0	15,0	9,8	0,008	0,82	103,0	
0564	BJ94	6/3/5	11,0	9,6	-	7,3	n.b.	13,0	0,340	1,80	11,0	0,027	83,0	39,0	17,0	7,7	0,008	0,78	94,0	

Anlage 1.1

Tabelle 4.1b: Statistik Tonsteine, Kolluvien des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,393	5,45	14,4	0,060	76,1	42,4	13,6	15,6	0,016	0,63	79,7
Median (Med.)	0,390	3,70	12,0	0,031	70,0	41,0	14,0	13,0	0,014	0,65	79,0
Minimum	0,170	1,80	7,5	0,011	53,0	30,0	9,3	7,6	0,008	0,43	61,0
Maximum	0,570	13,00	26,0	0,230	133,0	79,0	18,0	41,0	0,045	0,82	103,0
Anzahl (n)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Standardabwg.	0,128	3,67	5,8	0,063	20,1	12,9	2,7	9,2	0,011	0,14	14,2
Dispersion (Disp.)	0,080	1,90	1,0	0,011	13,0	4,0	2,0	4,4	0,006	0,12	15,0
25er Perzentil	0,340	2,70	11,0	0,027	66,0	34,0	11,0	9,8	0,008	0,50	66,0
75er Perzentil	0,470	7,20	18,0	0,057	84,0	44,0	15,0	19,0	0,020	0,75	94,0
90er Perzentil	0,552	10,52	23,8	0,138	85,8	52,2	16,8	24,0	0,025	0,78	97,4
97,5er Perzentil	0,567	12,40	25,7	0,206	118,9	71,5	17,7	36,2	0,039	0,81	101,5
99er Perzentil	0,569	12,76	25,9	0,220	127,4	76,0	17,9	39,1	0,043	0,82	102,4
Med. + 2*Disp.	0,550	7,50	14,0	0,053	96,0	49,0	18,0	21,8	0,026	0,89	109,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,393	4,83	11,4	0,031	71,3	39,3	13,6	13,5	0,014	0,63	79,7
Median (Med.)	0,390	3,60	11,5	0,029	69,0	40,0	14,0	12,5	0,011	0,65	79,0
Minimum	0,170	1,80	9,2	0,011	53,0	30,0	9,3	7,6	0,008	0,43	61,0
Maximum	0,570	11,00	13,0	0,057	86,0	54,0	18,0	25,0	0,026	0,82	103,0
Anzahl (n)	13	12	8	10	12	12	13	12	12	13	13
Standardabwg.	0,128	3,01	1,1	0,014	11,1	7,0	2,7	5,4	0,007	0,14	14,2
Dispersion (Disp.)	0,080	1,75	0,5	0,008	8,0	4,5	2,0	3,3	0,003	0,12	15,0
25er Perzentil	0,340	2,55	11,0	0,023	66,0	33,5	11,0	9,5	0,008	0,50	66,0
75er Perzentil	0,470	6,60	12,0	0,036	83,3	43,3	15,0	15,3	0,020	0,75	94,0
90er Perzentil	0,552	8,46	12,3	0,052	84,9	44,9	16,8	19,9	0,022	0,78	97,4
97,5er Perzentil	0,567	10,34	12,8	0,056	85,7	51,5	17,7	23,6	0,025	0,81	101,5
99er Perzentil	0,569	10,74	12,9	0,056	85,9	53,0	17,9	24,5	0,026	0,82	102,4
Med. + 2*Disp.	0,550	7,10	12,5	0,045	85,0	49,0	18,0	19,1	0,017	0,89	109,0

Anlage 1.1

Tabelle 4.1c: Urdaten Tonsteine, Kolluvien des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0180	BJ93	9/1/4		42,8		7,9			0,450	2,40	8,4	0,042	43,0	25,0	6,6	12,0	0,008	0,44	37,0	
0186	BJ93	9/2/2		77,1		8,0			0,130	1,80	4,7	0,051	8,8	8,1	2,4	3,3	0,008	0,23	13,0	
0188	BJ93	9/2/3		77,0		8,0			0,065	0,28	5,4	0,045	9,4	7,6	2,1	4,0	0,008	0,23	11,0	
0192	BJ93	9/2/5		35,1		7,9			0,280	1,30	14,0	0,039	37,0	23,0	7,1	29,0	0,008	0,36	37,0	
0230	BJ93	11/2/4		18,7		7,6			0,940	1,80	8,9	0,039	90,0	55,0	14,0	13,0	0,008	0,39	119,0	
0240	BJ93	11/4/3		8,7		7,6			0,390	3,60	14,0	0,670	43,0	27,0	7,5	11,0	0,008	0,23	44,0	
0543	BJ94	6/1/2		3,5					0,270	3,40	17,0	0,018	55,0	25,0	12,0	6,3	0,008	0,57	52,0	
0545	BJ94	6/1/3		4,3					0,170	1,90	17,0	0,011	35,0	18,0	8,2	4,3	0,008	0,36	34,0	
0548	BJ94	6/1/5		-					0,430	3,70	15,0	0,021	101,0	50,0	21,0	13,0	0,008	0,72	95,0	
0562	BJ94	6/3/3		6,5					0,086	16,00	19,0	0,130	60,0	25,0	11,0	9,3	0,030	0,33	53,0	

Anlage 1.1

Tabelle 4.1d: Statistik Tonsteine, Kolluvien des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,321	3,62	12,3	0,107	48,2	26,4	9,2	10,5	0,010	0,39	49,5
Median (Med.)	0,275	2,15	14,0	0,041	43,0	25,0	7,9	10,2	0,008	0,36	40,5
Minimum	0,065	0,28	4,7	0,011	8,8	7,6	2,1	3,3	0,008	0,23	11,0
Maximum	0,940	16,00	19,0	0,670	101,0	55,0	21,0	29,0	0,030	0,72	119,0
Anzahl (n)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Standardabwg.	0,258	4,48	5,1	0,201	30,1	15,5	5,6	7,5	0,007	0,16	33,9
Dispersion (Disp.)	0,150	1,05	4,0	0,015	14,5	4,5	3,7	3,4	0,000	0,11	12,0
25er Perzentil	0,140	1,80	8,5	0,026	35,5	19,3	6,7	4,8	0,008	0,26	34,8
75er Perzentil	0,420	3,55	16,5	0,050	58,8	26,5	11,8	12,8	0,008	0,43	52,8
90er Perzentil	0,499	4,93	17,2	0,184	91,1	50,5	14,7	14,6	0,010	0,59	97,4
97,5er Perzentil	0,830	13,23	18,6	0,549	98,5	53,9	19,4	25,4	0,025	0,69	113,6
99er Perzentil	0,896	14,89	18,8	0,621	100,0	54,6	20,4	27,6	0,028	0,71	116,8
Med. + 2*Disp.	0,575	4,25	22,0	0,071	72,0	34,0	15,2	16,9	0,008	0,57	64,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,252	2,24	12,3	0,033	48,2	19,8	9,2	8,5	0,008	0,39	35,1
Median (Med.)	0,270	1,90	14,0	0,039	43,0	24,0	7,9	9,3	0,008	0,36	37,0
Minimum	0,065	0,28	4,7	0,011	8,8	7,6	2,1	3,3	0,008	0,23	11,0
Maximum	0,450	3,70	19,0	0,051	101,0	27,0	21,0	13,0	0,008	0,72	53,0
Anzahl (n)	9	9	10	8	10	8	10	9	9	10	8
Standardabwg.	0,148	1,15	5,1	0,015	30,1	7,9	5,6	4,0	0,000	0,16	15,9
Dispersion (Disp.)	0,140	0,60	4,0	0,009	14,5	2,0	3,7	3,7	0,000	0,11	11,0
25er Perzentil	0,130	1,80	8,5	0,020	35,5	15,5	6,7	4,3	0,008	0,26	28,8
75er Perzentil	0,390	3,40	16,5	0,043	58,8	25,0	11,8	12,0	0,008	0,43	46,0
90er Perzentil	0,434	3,62	17,2	0,047	91,1	25,6	14,7	13,0	0,008	0,59	52,3
97,5er Perzentil	0,446	3,68	18,6	0,050	98,5	26,7	19,4	13,0	0,008	0,69	52,8
99er Perzentil	0,448	3,69	18,8	0,051	100,0	26,9	20,4	13,0	0,008	0,71	52,9
Med. + 2*Disp.	0,550	3,10	22,0	0,057	72,0	28,0	15,2	16,7	0,008	0,57	59,0

Anlage 1.1

Tabelle 4.2a: Urdaten Gipse des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0425	BJ94	2/1/2	14,0	5,6	-	7,4	n.b.	24,4	0,590	17,00	43,0	0,250	60,0	33,0	15,0	24,0	0,035	2,00	84,0	
0426	BJ94	2/1/3	19,0	7,4	-	7,6	n.b.	20,1	0,610	16,00	46,0	0,250	52,0	31,0	15,0	22,0	0,035	2,30	80,0	
0432	BJ94	2/2/4	23,0	7,9	-	7,6	n.b.	16,5	0,340	14,00	26,0	0,110	58,0	33,0	14,0	31,0	0,020	0,91	70,0	

Anlage 1.1

Tabelle 4.2b: Statistik Gipse des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,513	15,67	38,3	0,203	56,7	32,3	14,7	25,7	0,030	1,74	78,0
Median (Med.)	0,590	16,00	43,0	0,250	58,0	33,0	15,0	24,0	0,035	2,00	80,0
Minimum	0,340	14,00	26,0	0,110	52,0	31,0	14,0	22,0	0,020	0,91	70,0
Maximum	0,610	17,00	46,0	0,250	60,0	33,0	15,0	31,0	0,035	2,30	84,0
Anzahl (n)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Standardabwg.	0,150	1,53	10,8	0,081	4,2	1,2	0,6	4,7	0,009	0,73	7,2
Dispersion (Disp.)	0,020	1,00	3,0	0,000	2,0	0,0	0,0	2,0	0,000	0,30	4,0
25er Perzentil	0,465	15,00	34,5	0,180	55,0	32,0	14,5	23,0	0,028	1,46	75,0
75er Perzentil	0,600	16,50	44,5	0,250	59,0	33,0	15,0	27,5	0,035	2,15	82,0
90er Perzentil	0,606	16,80	45,4	0,250	59,6	33,0	15,0	29,6	0,035	2,24	83,2
97,5er Perzentil	0,609	16,95	45,9	0,250	59,9	33,0	15,0	30,7	0,035	2,29	83,8
99er Perzentil	0,610	16,98	45,9	0,250	60,0	33,0	15,0	30,9	0,035	2,29	83,9
Med. + 2*Disp.	0,630	18,00	49,0	0,250	62,0	33,0	15,0	28,0	0,035	2,60	88,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,600	15,67	44,5	0,250	56,7	33,0	15,0	25,7	0,035	1,74	78,0
Median (Med.)	0,600	16,00	44,5	0,250	58,0	33,0	15,0	24,0	0,035	2,00	80,0
Minimum	0,590	14,00	43,0	0,250	52,0	33,0	15,0	22,0	0,035	0,91	70,0
Maximum	0,610	17,00	46,0	0,250	60,0	33,0	15,0	31,0	0,035	2,30	84,0
Anzahl (n)	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	3
Standardabwg.	0,014	1,53	2,1	0,000	4,2	0,0	0,0	4,7	0,000	0,73	7,2
Dispersion (Disp.)	0,010	1,00	1,5	0,000	2,0	0,0	0,0	2,0	0,000	0,30	4,0
25er Perzentil	0,595	15,00	43,8	0,250	55,0	33,0	15,0	23,0	0,035	1,46	75,0
75er Perzentil	0,605	16,50	45,3	0,250	59,0	33,0	15,0	27,5	0,035	2,15	82,0
90er Perzentil	0,608	16,80	45,7	0,250	59,6	33,0	15,0	29,6	0,035	2,24	83,2
97,5er Perzentil	0,610	16,95	45,9	0,250	59,9	33,0	15,0	30,7	0,035	2,29	83,8
99er Perzentil	0,610	16,98	46,0	0,250	60,0	33,0	15,0	30,9	0,035	2,29	83,9
Med. + 2*Disp.	0,620	18,00	47,5	0,250	62,0	33,0	15,0	28,0	0,035	2,60	88,0

Anlage 1.1

Tabelle 4.2c: Urdaten Gipse des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0427	BJ94	2/1/3		53,8					0,310	5,10	11,0	0,045	5,5	6,5	2,2	5,9	0,008	0,45	21,0	
0428	BJ94	2/1/4		-					0,340	3,20	1,5	0,030	6,1	7,6	2,2	4,6	0,008	0,45	16,0	
0433	BJ94	2/2/4		8,9					0,420	4,40	1,5	0,021	9,3	9,6	3,1	5,1	0,008	0,23	15,0	
0434	BJ94	2/2/5		-					0,580	4,30	1,5	0,011	7,8	8,1	2,4	3,0	0,008	0,23	15,0	

Anlage 1.1

Tabelle 4.2d: Statistik Gipse des Ob. Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,413	4,25	3,9	0,027	7,2	8,0	2,5	4,7	0,008	0,34	16,8
Median (Med.)	0,380	4,35	1,5	0,026	7,0	7,9	2,3	4,9	0,008	0,34	15,5
Minimum	0,310	3,20	1,5	0,011	5,5	6,5	2,2	3,0	0,008	0,23	15,0
Maximum	0,580	5,10	11,0	0,045	9,3	9,6	3,1	5,9	0,008	0,45	21,0
Anzahl (n)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Standardabwg.	0,121	0,79	4,8	0,014	1,7	1,3	0,4	1,2	0,000	0,13	2,9
Dispersion (Disp.)	0,055	0,40	0,0	0,010	1,2	0,8	0,1	0,7	0,000	0,11	0,5
25er Perzentil	0,333	4,03	1,5	0,019	6,0	7,3	2,2	4,2	0,008	0,23	15,0
75er Perzentil	0,460	4,58	3,9	0,034	8,2	8,5	2,6	5,3	0,008	0,45	17,3
90er Perzentil	0,532	4,89	8,2	0,041	8,9	9,2	2,9	5,7	0,008	0,45	19,5
97,5er Perzentil	0,568	5,05	10,3	0,044	9,2	9,5	3,0	5,8	0,008	0,45	20,6
99er Perzentil	0,575	5,08	10,7	0,045	9,3	9,6	3,1	5,9	0,008	0,45	20,9
Med. + 2*Disp.	0,490	5,15	1,5	0,045	9,3	9,5	2,5	6,2	0,008	0,56	16,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,413	4,25	1,5	0,027	7,2	8,0	2,3	4,7	0,008	0,34	15,3
Median (Med.)	0,380	4,35	1,5	0,026	7,0	7,9	2,2	4,9	0,008	0,34	15,0
Minimum	0,310	3,20	1,5	0,011	5,5	6,5	2,2	3,0	0,008	0,23	15,0
Maximum	0,580	5,10	1,5	0,045	9,3	9,6	2,4	5,9	0,008	0,45	16,0
Anzahl (n)	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3
Standardabwg.	0,121	0,79	0,0	0,014	1,7	1,3	0,1	1,2	0,000	0,13	0,6
Dispersion (Disp.)	0,055	0,40	0,0	0,010	1,2	0,8	0,0	0,7	0,000	0,11	0,0
25er Perzentil	0,333	4,03	1,5	0,019	6,0	7,3	2,2	4,2	0,008	0,23	15,0
75er Perzentil	0,460	4,58	1,5	0,034	8,2	8,5	2,3	5,3	0,008	0,45	15,5
90er Perzentil	0,532	4,89	1,5	0,041	8,9	9,2	2,4	5,7	0,008	0,45	15,8
97,5er Perzentil	0,568	5,05	1,5	0,044	9,2	9,5	2,4	5,8	0,008	0,45	16,0
99er Perzentil	0,575	5,08	1,5	0,045	9,3	9,6	2,4	5,9	0,008	0,45	16,0
Med. + 2*Disp.	0,490	5,15	1,5	0,045	9,3	9,5	2,2	6,2	0,008	0,56	15,0

Anlage 1.1

Tabelle 5a: Urdaten Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte											(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)	
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn		
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]							
0892	BJ94	12/1/5	18,0	-	-	4,4	1,8	13,3	0,590	7,60	20,0	0,030	55,0	29,0	17,0	19,0	0,016	0,42	60,0		
0908	BJ94	12/4/4	23,0	-	-	5,2	7,1	13,7	0,690	7,90	20,0	0,030	55,0	25,0	11,0	18,0	0,027	0,39	48,0		
0909	BJ94	12/4/5	21,0	-	-	4,6	9,4	9,4	0,560	3,50	20,0	0,011	52,0	16,0	4,9	18,0	0,023	1,10	28,0		
0928	BJ95	3/1/2	3,0		0,5	4,2	2,6	6,3	0,250	2,10	21,0	0,025	9,0	1,5	3,9	2,2	0,008	0,23	24,0		
0929	BJ95	3/1/3	3,0			4,0	1,5	16,4	0,160	2,30	17,0	0,046	9,6	2,9	3,2	2,6	0,008	0,23	12,0		
0930	BJ95	3/1/4	3,0			4,1	1,1	1,3	0,077	0,74	18,0	0,011	6,5	2,6	2,1	2,1	0,008	0,23	13,0		
0932	BJ95	3/1/5	3,0			4,2	1,8	5,9	0,280	8,10	15,0	0,029	9,7	3,8	2,9	2,2	0,008	0,23	16,0		
0935	BJ95	3/2/2	17,0		0,2	5,2	3,2	13,5	1,150	5,00	15,0	0,160	54,0	25,0	9,8	8,7	0,008	0,52	55,0		
0937	BJ95	3/2/3	10,0			5,2	3,4	14,6	0,640	10,00	7,0	0,180	53,0	23,0	12,0	22,0	0,008	0,39	44,0		
0939	BJ95	3/2/4	11,0			5,2	3,8	15,0	0,780	3,90	5,9	0,340	63,0	25,0	14,0	19,0	0,008	0,54	56,0		
0943	BJ95	4/1/2	6,0		0,5	5,9	1,5	7,8	0,150	2,40	22,0	0,047	16,0	4,4	3,5	4,6	0,014	0,23	6,3		
0945	BJ95	4/1/3	13,0		0,2	5,7	3,0	6,3	0,320	3,70	18,0	0,037	23,0	4,6	3,2	12,0	0,014	0,23	12,0		
0947	BJ95	4/1/4	17,0			3,9	5,6	6,2	0,490	4,60	17,0	0,030	27,0	11,0	5,0	19,0	0,008	0,23	6,8		
0948	BJ95	4/1/5	9,0			4,0	6,5	9,8	0,540	5,30	17,0	0,039	34,0	18,0	7,2	19,0	0,011	0,23	17,0		
0952	BJ95	4/2/4			0,3	3,7			0,790	4,90	1,5	0,042	63,0	27,0	12,0	9,2	0,008	0,49	39,0		
0953	BJ95	4/2/5				3,8			0,140	2,50	14,0	0,011	13,0	6,6	4,2	3,1	0,008	0,23	6,5		
0955	BJ95	4/2/6	19,0			3,6	10,7	17,4	0,700	4,50	5,7	0,040	80,0	29,0	12,0	9,5	0,008	1,00	46,0		
0957	BJ95	4/2/7	2,0			3,8	2,0	6,8	0,093	0,90	18,0	0,011	5,0	2,6	2,2	1,5	0,008	0,23	1,5		
0963	BJ95	5/1/3	2,0			4,7	1,6	7,0	0,270	3,80	6,9	0,048	12,0	6,5	4,9	4,8	0,017	0,23	8,4		
0965	BJ95	5/1/4	11,0			3,8	5,9	7,2	0,770	0,03	12,0	0,034	39,0	16,0	5,8	17,0	0,029	0,23	27,0		
0967	BJ95	5/1/5	2,0			4,1	1,2	5,4	0,390	10,00	5,0	0,044	14,0	7,8	3,2	4,7	0,014	0,23	6,7		
0972	BJ95	6/1/4	9,0			4,7	1,9	9,4	0,034	2,20	16,0	0,011	12,0	10,0	3,6	3,7	0,008	0,23	4,3		
0973	BJ95	6/1/5	8,0			4,6	2,1	7,8	0,170	2,40	21,0	0,011	11,0	55,0	5,6	4,1	0,011	0,23	6,3		
0978	BJ95	7/1/4	3,0			5,9	1,0	11,5	0,062	1,40	20,0	0,039	8,1	3,4	3,4	1,5	0,008	0,23	1,5		
0983	BJ95	7/2/5	16,0			3,6	8,4	9,4	0,860	4,40	11,0	0,033	39,0	14,0	7,1	3,6	0,020	0,31	14,0		
0984	BJ95	7/2/6	7,0			3,8	4,8	13,3	0,620	4,00	5,6	0,020	12,0	8,8	4,8	1,5	0,008	0,23	1,5		
0986	BJ95	7/2/7	5,0			3,9	2,8	6,1	0,084	3,40	14,0	0,029	25,0	21,0	5,6	3,4	0,011	0,23	6,4		
0992	BJ95	8/1/3	11,0			4,0	4,8	5,2	0,130	2,00	8,6	0,046	31,0	15,0	7,5	2,8	0,020	0,32	25,0		
0994	BJ95	8/1/4	3,0			4,1	5,6	4,1	0,100	1,60	14,0	0,053	8,1	7,4	4,0	1,5	0,017	0,23	3,0		
0996	BJ95	8/1/5							0,230	1,40	8,2	0,030	22,0	8,4	5,2	6,1	0,008	0,62	40,0		
1002	BJ95	8/2/3	8,0			4,2	4,6	2,2	0,092	1,40	13,0	0,140	11,0	7,6	4,8	2,3	0,020	0,23	19,0		
1004	BJ95	8/2/4	8,0			4,5	2,5	2,6	0,073	1,50	12,0	0,053	6,8	4,6	3,7	2,1	0,014	0,23	15,0		
1005	BJ95	8/2/5	4,0			4,0	3,1	6,1	0,100	1,20	11,0	0,050	8,2	3,7	3,4	1,5	0,008	0,23	12,0		
1018	BJ95	9/2/3	14,0			4,0	2,1	< 1,0	0,190	3,10	7,0	0,019	11,0	5,1	2,7	2,5	0,008	0,23	4,8		
1019	BJ95	9/2/4	12,0			3,8	4,2	3,9	0,330	3,30	9,1	0,022	30,0	13,0	5,0	5,2	0,011	0,23	14,0		
1297	RM	122	18,5	1,1	0,5	7,4			0,078	2,70	17,0	0,033	14,0	6,1	1,5	5,1	0,037	0,23	17,0		
0555	BJ94	6/2/5	19,0	-	-	4,3			0,250	6,60	17,0	0,015	27,0	12,0	8,3	104,0	0,033	0,51	17,0		
0923	BJ95	2/1/2	18,0		0,3	6,0	2,8	17,9	0,710	5,70	9,6	0,028	58,0	24,0	8,5	38,0	0,011	0,60	33,0		
0924	BJ95	2/1/3	12,0			6,1	1,8	14,4	0,450	11,00	7,6	0,034	50,0	19,0	8,9	43,0	0,008	0,44	30,0		
0925	BJ95	2/1/4	9,0			6,4	0,9	22,7	0,590	8,70	7,1	0,044	56,0	25,0	13,0	59,0	0,023	0,54	45,0		
1335	RM	142	13,0			6,1			0,210	2,90	21,0	0,011	8,9	5,2	1,5	4,2	0,008	0,23	11,0		

Anlage 1.1

Tabelle 5b: Statistik Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,371	4,02	13,3	0,048	27,9	13,6	6,1	12,5	0,013	0,35	20,8
Median (Med.)	0,270	3,40	14,0	0,033	22,0	10,0	4,9	4,7	0,011	0,23	15,0
Minimum	0,034	0,03	1,5	0,011	5,0	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	1,5
Maximum	1,150	11,00	22,0	0,340	80,0	55,0	17,0	104,0	0,037	1,10	60,0
Anzahl (n)	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
Standardabwg.	0,284	2,76	5,6	0,059	20,9	10,9	3,8	19,2	0,008	0,20	16,9
Dispersion (Disp.)	0,186	1,50	4,9	0,013	13,0	6,0	1,7	3,2	0,003	0,00	9,0
25er Perzentil	0,130	2,10	8,2	0,022	11,0	5,1	3,4	2,5	0,008	0,23	6,7
75er Perzentil	0,590	5,00	18,0	0,046	50,0	21,0	8,3	18,0	0,017	0,42	30,0
90er Perzentil	0,770	8,10	20,0	0,053	56,0	25,0	12,0	22,0	0,023	0,54	46,0
97,5er Perzentil	0,860	10,00	21,0	0,180	63,0	29,0	14,0	59,0	0,033	1,00	56,0
99er Perzentil	1,034	10,60	21,6	0,276	73,2	44,6	15,8	86,0	0,035	1,06	58,4
Med. + 2*Disp.	0,642	6,40	23,8	0,059	48,0	22,0	8,3	11,1	0,017	0,23	33,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,351	3,52	13,3	0,031	26,5	12,5	4,9	4,5	0,012	0,23	17,9
Median (Med.)	0,260	3,20	14,0	0,030	19,0	9,4	4,8	3,5	0,008	0,23	14,0
Minimum	0,034	0,03	1,5	0,011	5,0	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	1,5
Maximum	0,860	8,70	22,0	0,053	63,0	29,0	11,0	17,0	0,023	0,23	48,0
Anzahl (n)	40	38	41	37	40	40	35	30	37	26	38
Standardabwg.	0,258	2,17	5,6	0,013	19,4	8,7	2,4	3,6	0,005	0,00	13,9
Dispersion (Disp.)	0,179	1,35	4,9	0,011	10,9	5,7	1,4	1,4	0,000	0,00	7,7
75er Perzentil	0,590	4,58	18,0	0,042	41,8	19,5	5,7	5,0	0,014	0,23	26,5
25er Perzentil	0,123	2,03	8,2	0,020	10,7	5,0	3,3	2,2	0,008	0,23	6,6
90er Perzentil	0,716	6,90	20,0	0,047	55,1	25,0	8,4	9,2	0,020	0,23	41,2
97,5er Perzentil	0,792	8,15	21,0	0,053	63,0	29,0	10,0	13,4	0,023	0,23	46,2
99er Perzentil	0,833	8,48	21,6	0,053	63,0	29,0	10,6	15,6	0,023	0,23	47,3
Med. + 2*Disp.	0,618	5,90	23,8	0,052	40,7	20,7	7,6	6,2	0,008	0,23	29,4

Anlage 1.1

Tabelle 5c: Urdaten Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0236	BJ93	11/3/5		20,4		7,7			0,120	0,33	17,0	0,021	10,0	5,8	3,7	7,1	0,008	0,23	15,0	
0893	BJ94	12/1/5		-					0,730	5,90	21,0	0,015	48,0	23,0	12,0	12,0	0,016	0,45	48,0	
0910	BJ94	12/4/5		-					0,290	2,70	16,0	0,011	28,0	9,4	2,5	9,5	0,008	0,81	16,0	
0917	BJ95	1/1/4							0,300	5,20	14,0	0,072	51,0	17,0	6,1	30,0	0,008	0,38	31,0	
0919	BJ95	1/1/5							0,230	2,20	19,0	0,028	24,0	7,9	3,0	11,0	0,008	0,23	19,0	
0921	BJ95	1/1/6							0,250	0,91	19,0	0,011	11,0	5,1	1,5	8,0	0,008	0,23	13,0	
0931	BJ95	3/1/4							0,180	1,10	21,0	0,011	6,8	3,0	1,5	1,5	0,008	0,23	9,4	
0933	BJ95	3/1/6							0,760	4,20	23,0	0,019	10,0	2,7	1,5	1,5	0,008	0,23	14,0	
0936	BJ95	3/2/2							0,330	6,00	20,0	0,130	52,0	23,0	11,0	7,3	0,008	0,50	48,0	
0938	BJ95	3/2/3							0,590	3,70	13,0	0,046	15,0	7,6	2,9	12,0	0,008	0,23	8,5	
0940	BJ95	3/2/4							0,490	23,00	5,5	0,320	86,0	31,0	9,0	22,0	0,010	0,85	52,0	
0944	BJ95	4/1/2							0,400	8,00	26,0	0,031	19,0	5,1	4,0	5,4	0,036	0,23	5,9	
0946	BJ95	4/1/3							0,200	4,50	13,0	0,011	18,0	5,7	3,7	12,0	0,014	0,23	4,4	
0954	BJ95	4/2/5							0,570	1,30	18,0	0,011	14,0	5,6	13,0	3,1	0,008	0,23	6,3	
0956	BJ95	4/2/6							0,034	3,50	7,7	0,025	69,0	25,0	14,0	9,5	0,008	0,88	46,0	
0958	BJ95	4/2/7							0,680	0,03	18,0	0,011	5,7	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	4,8	
0964	BJ95	5/1/3							0,140	0,86	5,8	0,011	5,5	2,1	1,5	4,7	0,008	0,23	7,0	
0966	BJ95	5/1/4							0,870	75,00	12,0	0,080	49,0	9,7	3,4	13,0	0,023	0,23	19,0	
0968	BJ95	5/1/5							0,190	4,60	6,7	0,011	8,9	2,0	1,5	3,9	0,008	0,23	5,0	
0985	BJ95	7/2/6							0,680	3,50	17,0	0,011	14,0	10,0	2,2	3,2	0,008	0,23	7,0	
0987	BJ95	7/2/7							0,840	4,00	13,0	0,058	27,0	15,0	3,5	3,4	0,008	0,23	14,0	
0993	BJ95	8/1/3							0,090	1,70	14,0	0,028	21,0	8,5	3,6	1,5	0,008	0,23	18,0	
0995	BJ95	8/1/4							0,180	1,00	9,0	0,011	6,6	2,2	2,1	1,5	0,008	0,23	2,8	
0997	BJ95	8/1/5							0,180	1,50	9,7	0,011	8,4	1,5	2,1	1,5	0,008	0,23	7,2	
1003	BJ95	8/2/3							0,099	0,86	18,0	0,024	6,4	1,5	3,1	1,5	0,008	0,23	9,7	
1006	BJ95	8/2/5							0,140	0,40	11,0	0,025	9,6	1,5	2,5	2,0	0,008	0,23	12,0	
1020	BJ95	9/2/4							0,430	3,10	11,0	0,011	33,0	16,0	4,3	4,2	0,008	0,37	19,0	
0556	BJ94	6/2/5		-					0,450	9,70	28,0	0,170	43,0	13,0	12,0	147,0	0,008	0,23	25,0	
1029	BJ95	10/1/6		0,4					0,370	6,10	18,0	0,011	13,0	5,1	9,6	168,0	0,008	0,23	2,0	
0926	BJ95	2/1/4							0,370	11,00	9,0	0,015	42,0	18,0	11,0	66,0	0,010	0,48	29,0	

Anlage 1.1

Tabelle 5d: Statistik Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Buntsandstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte	Schwermetallgehalte										
Urdaten	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,373	6,53	15,1	0,042	25,2	9,5	5,1	19,2	0,010	0,33	17,3
Median (Med.)	0,315	3,50	15,0	0,017	16,5	6,7	3,5	6,3	0,008	0,23	13,5
Minimum	0,034	0,03	5,5	0,011	5,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	2,0
Maximum	0,870	75,00	28,0	0,320	86,0	31,0	14,0	168,0	0,036	0,88	52,0
Anzahl (n)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Standardabwg.	0,243	13,69	5,8	0,064	20,9	8,1	4,1	39,7	0,006	0,19	14,5
Dispersion (Disp.)	0,155	2,40	4,0	0,006	9,8	4,6	1,7	4,8	0,000	0,00	6,5
25er Perzentil	0,180	1,15	11,0	0,011	9,7	2,8	2,1	2,3	0,008	0,23	7,0
75er Perzentil	0,550	5,73	18,8	0,030	39,8	14,5	8,3	12,0	0,008	0,34	19,0
90er Perzentil	0,733	9,83	21,2	0,085	51,1	23,0	12,0	33,6	0,014	0,53	46,2
97,5er Perzentil	0,848	37,30	26,6	0,211	73,7	26,7	13,3	152,8	0,027	0,86	49,1
99er Perzentil	0,861	59,92	27,4	0,277	81,1	29,3	13,7	161,9	0,032	0,87	50,8
Med. + 2*Disp.	0,625	8,30	23,0	0,029	36,1	15,8	6,8	15,8	0,008	0,23	26,5

Kennwerte	Schwermetallgehalte										
ohne Ausreißer	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,373	3,50	15,1	0,016	21,4	8,2	3,3	6,3	0,008	0,23	12,5
Median (Med.)	0,315	3,30	15,0	0,011	14,5	5,8	3,0	4,5	0,008	0,23	10,9
Minimum	0,034	0,03	5,5	0,011	5,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	2,0
Maximum	0,870	11,00	28,0	0,031	52,0	23,0	9,6	22,0	0,008	0,23	31,0
Anzahl (n)	30	28	30	23	28	28	24	26	24	22	26
Standardabwg.	0,243	2,84	5,8	0,007	15,7	6,5	2,2	5,1	0,000	0,00	7,9
Dispersion (Disp.)	0,155	2,10	4,0	0,000	7,8	3,7	0,9	3,0	0,000	0,00	5,1
75er Perzentil	0,550	4,75	18,8	0,023	29,3	10,8	3,7	9,5	0,008	0,23	17,5
25er Perzentil	0,180	1,08	11,0	0,011	9,4	2,6	2,0	1,6	0,008	0,23	6,5
90er Perzentil	0,733	6,67	21,2	0,027	48,3	17,3	5,6	12,0	0,008	0,23	22,0
97,5er Perzentil	0,848	10,12	26,6	0,029	51,3	23,0	9,3	16,4	0,008	0,23	29,8
99er Perzentil	0,861	10,65	27,4	0,030	51,7	23,0	9,5	19,8	0,008	0,23	30,5
Med. + 2*Disp.	0,625	7,50	23,0	0,011	30,1	13,2	4,7	10,4	0,008	0,23	21,0

Anlage 1.1

Tabelle 6.1.1a: Urdaten Mergelstein, Tonstein kalkhaltig des Zechstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter					Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0268	BJ93	12/4/2	29,0	7,4		7,1	1,5	16,8	1,040	19,00	28,0	0,120	51,0	43,0	14,0	52,0	0,011	0,70	97,0
0270	BJ93	12/4/3	26,0	7,2		7,1	0,8	18,1	0,820	15,00	21,0	0,100	59,0	45,0	14,0	38,0	0,008	0,71	99,0
0272	BJ93	12/4/4	28,0	22,4		7,0	0,4	14,9	1,060	9,50	12,0	0,069	62,0	47,0	18,0	28,0	0,043	0,79	83,0
0278	BJ93	13/1/3	29,0	11,5		7,0	0,2	17,4	0,590	9,10	16,0	0,100	48,0	33,0	10,0	12,0	0,011	0,34	69,0
0280	BJ93	13/1/4	32,0	9,3		7,1	n.n.	19,6	0,540	8,60	18,0	0,100	53,0	35,0	11,0	15,0	0,049	0,54	87,0
0406	BJ94	1/2/3	38,0	1,1	-	7,6	n.b.	4,8	0,700	18,00	11,0	0,077	90,0	42,0	18,0	25,0	0,008	1,20	100,0
0408	BJ94	1/2/4	37,0	0,5	-	7,5	n.b.	6,3	0,570	21,00	8,3	0,061	88,0	40,0	15,0	12,0	0,008	1,20	102,0
0410	BJ94	1/2/5	25,0	0,3	-	7,5	1,8	4,8	0,970	14,00	8,0	0,043	93,0	42,0	13,0	24,0	0,008	0,97	108,0
0412	BJ94	1/2/6	21,0	6,9	-	7,6	n.b.	6,3	0,440	16,00	5,2	0,029	73,0	37,0	11,0	22,0	0,008	0,92	91,0
0514	BJ94	5/1/5	4,0	0,6	-	7,0	8,5	19,3	2,000	19,00	34,0	0,140	83,0	45,0	17,0	17,0	0,012	0,89	94,0
1322	RM	55	34,7	0,9	0,9	7,1			0,730	69,00	8,2	0,081	61,0	25,0	15,0	20,0	0,052	0,68	71,0
1323	RM	56	32,9	0,9	0,5	7,2			0,034	27,00	10,0	0,057	62,0	22,0	13,0	15,0	0,041	0,66	38,0

Anlage 1.1

Tabelle 6.1.1b: Statistik Mergelstein, Tonstein kalkhaltig des Zechstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,791	20,43	15,0	0,081	68,6	38,0	14,1	23,3	0,022	0,80	86,6
Median (Med.)	0,715	17,00	11,5	0,079	62,0	41,0	14,0	21,0	0,011	0,75	92,5
Minimum	0,034	8,60	5,2	0,029	48,0	22,0	10,0	12,0	0,008	0,34	38,0
Maximum	2,000	69,00	34,0	0,140	93,0	47,0	18,0	52,0	0,052	1,20	108,0
Anzahl (n)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Standardabwg.	0,476	16,21	8,9	0,032	16,2	8,0	2,7	11,7	0,018	0,25	19,4
Dispersion (Disp.)	0,215	3,50	4,0	0,021	11,0	4,0	2,0	6,0	0,003	0,16	8,5
25er Perzentil	0,563	12,88	8,3	0,060	57,5	34,5	12,5	15,0	0,008	0,68	80,0
75er Perzentil	0,988	19,50	18,8	0,100	84,3	43,5	15,5	25,8	0,042	0,93	99,3
90er Perzentil	1,058	26,40	27,3	0,118	89,8	45,0	17,9	37,0	0,048	1,18	101,8
97,5er Perzentil	1,742	57,45	32,4	0,135	92,2	46,5	18,0	48,2	0,051	1,20	106,4
99er Perzentil	1,897	64,38	33,3	0,138	92,7	46,8	18,0	50,5	0,052	1,20	107,3
Med. + 2*Disp.	1,145	24,00	19,5	0,121	84,0	49,0	18,0	33,0	0,017	1,06	109,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,681	16,02	11,8	0,081	68,6	39,5	14,1	20,7	0,009	0,80	91,0
Median (Med.)	0,700	16,00	10,5	0,079	62,0	42,0	14,0	20,0	0,008	0,75	94,0
Minimum	0,034	8,60	5,2	0,029	48,0	25,0	10,0	12,0	0,008	0,34	69,0
Maximum	1,060	27,00	21,0	0,140	93,0	47,0	18,0	38,0	0,012	1,20	108,0
Anzahl (n)	11	11	10	12	12	11	12	11	8	12	11
Standardabwg.	0,299	5,64	5,0	0,032	16,2	6,5	2,7	7,8	0,002	0,25	12,5
Dispersion (Disp.)	0,160	3,00	2,4	0,021	11,0	3,0	2,0	5,0	0,000	0,16	7,0
25er Perzentil	0,555	11,75	8,2	0,060	57,5	36,0	12,5	15,0	0,008	0,68	85,0
75er Perzentil	0,895	19,00	15,0	0,100	84,3	44,0	15,5	24,5	0,011	0,93	99,5
90er Perzentil	1,040	21,00	18,3	0,118	89,8	45,0	17,9	28,0	0,011	1,18	102,0
97,5er Perzentil	1,055	25,50	20,3	0,135	92,2	46,5	18,0	35,5	0,012	1,20	106,5
99er Perzentil	1,058	26,40	20,7	0,138	92,7	46,8	18,0	37,0	0,012	1,20	107,4
Med. + 2*Disp.	1,020	22,00	15,3	0,121	84,0	48,0	18,0	30,0	0,008	1,06	108,0

Anlage 1.1

Tabelle 6.1.1c: Urdaten Mergelstein, Tonstein kalkhaltig des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0271	BJ93	12/4/3		25,4		7,9			0,940	2,80	17,0	0,051	61,0	46,0	11,0	43,0	0,008	0,23	83,0	
0273	BJ93	12/4/4		19,4		7,8			1,000	6,00	14,0	0,087	86,0	57,0	13,0	31,0	0,022	0,93	106,0	
0407	BJ94	1/2/3		24,9					2,300	40,00	19,0	0,057	38,0	30,0	33,0	82,0	0,024	0,63	27,0	
0409	BJ94	1/2/4		9,6					0,980	20,00	8,4	0,033	92,0	37,0	14,0	13,0	0,008	1,30	98,0	
0411	BJ94	1/2/5		1,1					1,100	19,00	10,0	0,033	85,0	34,0	12,0	7,8	0,008	0,93	92,0	
0515	BJ94	5/1/5		0,4					2,400	18,00	16,0	0,130	103,0	40,0	19,0	16,0	0,008	0,96	117,0	

Anlage 1.1

Tabelle 6.1.1d: Statistik Mergelstein, Tonstein kalkhaltig des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,453	17,63	14,1	0,065	77,5	40,7	17,0	32,1	0,013	0,83	87,2
Median (Med.)	1,050	18,50	15,0	0,054	85,5	38,5	13,5	23,5	0,008	0,93	95,0
Minimum	0,940	2,80	8,4	0,033	38,0	30,0	11,0	7,8	0,008	0,23	27,0
Maximum	2,400	40,00	19,0	0,130	103,0	57,0	33,0	82,0	0,024	1,30	117,0
Anzahl (n)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Standardabwg.	0,697	13,14	4,1	0,037	23,8	9,7	8,3	27,7	0,008	0,36	31,7
Dispersion (Disp.)	0,090	7,00	3,0	0,021	12,0	6,0	2,0	13,1	0,000	0,17	11,5
25er Perzentil	0,985	9,00	11,0	0,038	67,0	34,8	12,3	13,8	0,008	0,71	85,3
75er Perzentil	2,000	19,75	16,8	0,080	90,5	44,5	17,8	40,0	0,019	0,95	104,0
90er Perzentil	2,350	30,00	18,0	0,109	97,5	51,5	26,0	62,5	0,023	1,13	111,5
97,5er Perzentil	2,388	37,50	18,8	0,125	101,6	55,6	31,3	77,1	0,024	1,26	115,6
99er Perzentil	2,395	39,00	18,9	0,128	102,5	56,5	32,3	80,1	0,024	1,28	116,5
Med. + 2*Disp.	1,230	32,50	21,0	0,096	109,5	50,5	17,5	49,7	0,008	1,26	118,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,005	17,63	14,1	0,065	77,5	40,7	13,8	22,2	0,008	0,95	99,2
Median (Med.)	0,990	18,50	15,0	0,054	85,5	38,5	13,0	16,0	0,008	0,93	98,0
Minimum	0,940	2,80	8,4	0,033	38,0	30,0	11,0	7,8	0,008	0,63	83,0
Maximum	1,100	40,00	19,0	0,130	103,0	57,0	19,0	43,0	0,008	1,30	117,0
Anzahl (n)	4	6	6	6	6	6	5	5	4	5	5
Standardabwg.	0,068	13,14	4,1	0,037	23,8	9,7	3,1	14,5	0,000	0,24	13,0
Dispersion (Disp.)	0,030	7,00	3,0	0,021	12,0	6,0	1,0	8,2	0,000	0,03	8,0
25er Perzentil	0,970	9,00	11,0	0,038	67,0	34,8	12,0	13,0	0,008	0,93	92,0
75er Perzentil	1,025	19,75	16,8	0,080	90,5	44,5	14,0	31,0	0,008	0,96	106,0
90er Perzentil	1,070	30,00	18,0	0,109	97,5	51,5	17,0	38,2	0,008	1,16	112,6
97,5er Perzentil	1,093	37,50	18,8	0,125	101,6	55,6	18,5	41,8	0,008	1,27	115,9
99er Perzentil	1,097	39,00	18,9	0,128	102,5	56,5	18,8	42,5	0,008	1,29	116,6
Med. + 2*Disp.	1,050	32,50	21,0	0,096	109,5	50,5	15,0	32,4	0,008	0,99	114,0

Anlage 1.1

Tabelle 6.2c: Urdaten Gipse des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte										(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)			
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn			
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]								
0292	BJ93	13/3/2		5,0		8,1			0,034	0,03	1,5	0,024	1,5	1,5	1,5	2,6	0,008	0,23	3,0			
0293	BJ93	13/3/3		4,8		8,0			0,034	0,03	2,8	0,011	1,5	1,5	1,5	1,5	0,190	0,23	1,5			
0401	BJ94	1/1/3		-					0,160	0,03	4,6	0,021	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	8,8			

Anlage 1.1

Tabelle 6.2d: Statistik Gipse des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte	Schwermetallgehalte										
Urdaten	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,076	0,03	3,0	0,019	1,5	1,5	1,5	1,9	0,069	0,23	4,4
Median (Med.)	0,034	0,03	2,8	0,021	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	3,0
Minimum	0,034	0,03	1,5	0,011	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	1,5
Maximum	0,160	0,03	4,6	0,024	1,5	1,5	1,5	2,6	0,190	0,23	8,8
Anzahl (n)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Standardabwg.	0,073	0,00	1,6	0,007	0,0	0,0	0,0	0,6	0,105	0,00	3,9
Dispersion (Disp.)	0,000	0,00	1,3	0,003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,00	1,5
25er Perzentil	0,034	0,03	2,2	0,016	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	2,3
75er Perzentil	0,097	0,03	3,7	0,023	1,5	1,5	1,5	2,1	0,099	0,23	5,9
90er Perzentil	0,135	0,03	4,2	0,023	1,5	1,5	1,5	2,4	0,154	0,23	7,6
97,5er Perzentil	0,154	0,03	4,5	0,024	1,5	1,5	1,5	2,5	0,181	0,23	8,5
99er Perzentil	0,157	0,03	4,6	0,024	1,5	1,5	1,5	2,6	0,186	0,23	8,7
Med. + 2*Disp.	0,034	0,03	5,4	0,027	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	6,0

Kennwerte	Schwermetallgehalte										
ohne Ausreißer	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,034	0,03	3,0	0,019	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	4,4
Median (Med.)	0,034	0,03	2,8	0,021	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	3,0
Minimum	0,034	0,03	1,5	0,011	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	1,5
Maximum	0,034	0,03	4,6	0,024	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	8,8
Anzahl (n)	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
Standardabwg.	0,000	0,00	1,6	0,007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,00	3,9
Dispersion (Disp.)	0,000	0,00	1,3	0,003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,00	1,5
25er Perzentil	0,034	0,03	2,2	0,016	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	2,3
75er Perzentil	0,034	0,03	3,7	0,023	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	5,9
90er Perzentil	0,034	0,03	4,2	0,023	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	7,6
97,5er Perzentil	0,034	0,03	4,5	0,024	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	8,5
99er Perzentil	0,034	0,03	4,6	0,024	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	8,7
Med. + 2*Disp.	0,034	0,03	5,4	0,027	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	6,0

Anlage 1.1

Tabelle 6.3a: Urdaten Kalksteine, Dolomite des Zechstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0244	BJ93	12/1/2	2,0	68,1		7,0	n.n.	1,8	0,110	6,10	35,0	0,200	2,4	3,5	1,5	1,5	0,079	0,23	124,0	
0246	BJ93	12/1/3	1,0	86,9		7,0	n.n.	1,7	0,260	4,40	25,0	0,350	2,5	3,3	1,5	2,8	0,032	0,23	132,0	
0261	BJ93	12/3/2	21,0	26,2	4,8	7,0	n.n.	16,5	0,450	15,00	62,0	0,180	24,0	22,0	8,7	11,0	0,043	0,71	164,0	
0263	BJ93	12/3/3	10,0	46,5		7,0	n.n.	9,3	0,380	16,00	51,0	0,087	6,6	12,0	5,2	7,1	0,026	0,66	115,0	
0283	BJ93	13/2/2	35,0	7,7	7,1	7,1	1,2	24,3	0,830	12,00	27,0	0,250	69,0	49,0	11,0	12,0	0,026	1,50	64,0	
0285	BJ93	13/2/3	25,0	35,9		7,2	n.n.	14,5	1,080	18,00	22,0	0,200	50,0	38,0	8,6	22,0	0,008	2,90	29,0	
0288	BJ93	13/2/5	41,0	8,0		7,2	0,5	26,2	0,560	8,20	23,0	0,120	97,0	68,0	11,0	13,0	0,088	1,40	89,0	
0520	BJ94	5/2/3	3,0	65,7	-	7,6	2,8	2,6	0,430	8,70	6,7	0,082	2,2	2,6	1,5	2,3	0,008	0,23	32,0	
0522	BJ94	5/2/4	4,0	75,0	-	6,8	n.b.	2,5	0,540	9,70	11,0	0,098	2,8	3,2	1,5	5,7	0,008	0,23	42,0	
0529	BJ94	5/3/4	6,0	58,0	2,2	7,6	2,5	14,7	0,650	51,00	27,0	0,260	10,0	12,0	7,4	127,0	0,120	0,50	37,0	
0531	BJ94	5/3/5	8,0	81,3	-	7,7	n.b.	4,9	0,970	29,00	13,0	0,120	5,1	6,8	3,4	102,0	0,092	0,23	16,0	
0533	BJ94	5/3/6	7,0	71,7	-	7,5	0,4	2,1	0,830	26,00	9,8	0,092	4,9	6,6	3,3	115,0	0,063	0,23	13,0	
1337	RM	144	25,9	3,1	3,1	5,9			1,600	17,00	34,0	0,550	14,0	28,0	4,4	16,0	0,059	0,45	162,0	
1353	RM	160	50,3	11,6	2,2	7,2			1,400	19,00	28,0	0,290	42,0	28,0	11,0	23,0	0,067	0,60	106,0	

Anlage 1.1

Tabelle 6.3b: Statistik Kalksteine, Dolomite des Zechstein (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,721	17,15	26,8	0,206	23,8	20,2	5,7	32,9	0,051	0,72	80,4
Median (Med.)	0,605	15,50	26,0	0,190	8,3	12,0	4,8	12,5	0,051	0,48	76,5
Minimum	0,110	4,40	6,7	0,082	2,2	2,6	1,5	1,5	0,008	0,23	13,0
Maximum	1,600	51,00	62,0	0,550	97,0	68,0	11,0	127,0	0,120	2,90	164,0
Anzahl (n)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Standardabwg.	0,427	12,07	15,5	0,130	29,8	20,0	3,8	45,1	0,035	0,75	53,7
Dispersion (Disp.)	0,225	6,30	8,5	0,081	5,9	9,1	3,3	9,6	0,027	0,25	46,0
25er Perzentil	0,435	8,95	15,3	0,104	3,3	4,3	2,0	6,1	0,026	0,23	33,3
75er Perzentil	0,935	18,75	32,5	0,258	37,5	28,0	8,7	22,8	0,076	0,70	121,8
90er Perzentil	1,304	28,10	46,2	0,332	63,3	45,7	11,0	111,1	0,091	1,47	153,0
97,5er Perzentil	1,535	43,85	58,4	0,485	87,9	61,8	11,0	123,1	0,111	2,45	163,4
99er Perzentil	1,574	48,14	60,6	0,524	93,4	65,5	11,0	125,4	0,116	2,72	163,7
Med. + 2*Disp.	1,055	28,10	43,0	0,352	20,0	30,2	11,4	31,7	0,104	0,97	168,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,653	14,55	24,0	0,179	7,5	13,8	5,7	10,6	0,051	0,48	80,4
Median (Med.)	0,560	15,00	25,0	0,180	5,0	9,4	4,8	11,0	0,051	0,34	76,5
Minimum	0,110	4,40	6,7	0,082	2,2	2,6	1,5	1,5	0,008	0,23	13,0
Maximum	1,400	29,00	51,0	0,350	24,0	38,0	11,0	23,0	0,120	1,40	164,0
Anzahl (n)	13	13	13	13	10	12	14	11	14	12	14
Standardabwg.	0,358	7,41	12,2	0,088	7,0	12,1	3,8	7,5	0,035	0,35	53,7
Dispersion (Disp.)	0,270	5,30	9,0	0,080	2,6	6,2	3,3	5,3	0,027	0,11	46,0
25er Perzentil	0,430	8,70	13,0	0,098	2,6	3,5	2,0	4,3	0,026	0,23	33,3
75er Perzentil	0,830	18,00	28,0	0,250	9,2	23,5	8,7	14,5	0,076	0,62	121,8
90er Perzentil	1,058	24,60	34,8	0,284	15,0	28,0	11,0	22,0	0,091	0,71	153,0
97,5er Perzentil	1,304	28,10	46,2	0,332	21,8	35,3	11,0	22,8	0,111	1,21	163,4
99er Perzentil	1,362	28,64	49,1	0,343	23,1	36,9	11,0	22,9	0,116	1,32	163,7
Med. + 2*Disp.	1,100	25,60	43,0	0,340	10,1	21,7	11,4	21,6	0,104	0,56	168,5

Anlage 1.1

Tabelle 6.3c: Urdaten Kalksteine, Dolomite des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0245	BJ93	12/1/2		85,6		7,7			0,360	0,78	25,0	0,410	1,5	3,1	1,5	6,6	0,008	0,23	138,0	
0247	BJ93	12/1/3		92,5		7,7			0,290	3,10	21,0	0,340	1,5	2,9	1,5	2,6	0,068	0,23	135,0	
0248	BJ93	12/1/4		100,0		7,8			0,390	22,00	29,0	1,300	1,5	3,5	1,5	2,0	0,008	0,53	224,0	
0262	BJ93	12/3/2		91,4		8,1			0,140	4,20	22,0	0,051	2,3	5,3	2,0	4,6	0,008	0,23	27,0	
0264	BJ93	12/3/3		85,3		8,1			0,120	3,10	11,0	0,039	1,5	4,3	1,5	3,1	0,008	0,23	27,0	
0265	BJ93	12/3/4		97,3		8,1			0,430	4,60	35,0	3,400	1,5	4,4	1,5	7,7	0,008	0,23	212,0	
0269	BJ93	12/4/2		90,5		8,2			0,340	0,67	6,0	0,033	8,7	7,4	2,7	27,0	0,008	0,23	17,0	
0279	BJ93	13/1/3		75,8		7,7			0,480	72,00	8,3	0,093	15,0	15,0	13,0	11,0	0,028	0,23	15,0	
0284	BJ93	13/2/2		73,4		7,9			0,480	2,00	4,3	0,069	5,3	7,9	2,1	8,1	0,028	0,33	8,4	
0286	BJ93	13/2/3		61,3		8,0			0,980	13,00	11,0	0,120	15,0	18,0	4,4	15,0	0,008	0,98	14,0	
0287	BJ93	13/2/4		90,9		8,2			0,370	3,90	1,5	0,066	2,1	5,1	1,5	5,6	0,008	0,23	4,0	
0289	BJ93	13/2/5		93,5		8,2			0,250	1,20	6,6	0,063	3,3	4,1	1,5	3,8	0,008	0,23	7,9	
0521	BJ94	5/2/3		62,7					0,250	6,90	16,0	0,018	1,5	2,5	1,5	4,7	0,030	0,39	34,0	
0523	BJ94	5/2/4		73,8					0,420	11,00	16,0	0,015	1,5	2,3	1,5	3,1	0,038	0,59	32,0	
0530	BJ94	5/3/4		60,6					0,200	1,40	19,0	0,011	4,7	4,8	3,6	48,0	0,008	0,54	21,0	
0532	BJ94	5/3/5		66,6					0,420	0,62	20,0	0,027	1,5	6,6	2,8	78,0	0,008	0,23	18,0	
0534	BJ94	5/3/6		70,4					1,100	50,00	21,0	0,066	10,0	15,0	4,0	133,0	0,066	0,48	27,0	

Anlage 1.1

Tabelle 6.3d: Statistik Kalksteine, Dolomite des Zechstein (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,413	11,79	16,0	0,360	4,6	6,6	2,8	21,4	0,020	0,36	56,5
Median (Med.)	0,370	3,90	16,0	0,066	2,1	4,8	1,5	6,6	0,008	0,23	27,0
Minimum	0,120	0,62	1,5	0,011	1,5	2,3	1,5	2,0	0,008	0,23	4,0
Maximum	1,100	72,00	35,0	3,400	15,0	18,0	13,0	133,0	0,068	0,98	224,0
Anzahl (n)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Standardabwg.	0,261	19,72	9,2	0,843	4,7	4,8	2,8	35,0	0,020	0,21	72,5
Dispersion (Disp.)	0,110	3,00	6,0	0,039	0,6	1,8	0,0	3,5	0,000	0,00	12,0
25er Perzentil	0,250	1,40	8,3	0,033	1,5	3,5	1,5	3,8	0,008	0,23	15,0
75er Perzentil	0,430	11,00	21,0	0,120	5,3	7,4	2,8	15,0	0,028	0,48	34,0
90er Perzentil	0,680	33,20	26,6	0,766	12,0	15,0	4,2	60,0	0,049	0,56	167,6
97,5er Perzentil	1,052	63,20	32,6	2,560	15,0	16,8	9,6	111,0	0,067	0,82	219,2
99er Perzentil	1,081	68,48	34,0	3,064	15,0	17,5	11,6	124,2	0,068	0,92	222,1
Med. + 2*Disp.	0,590	9,90	28,0	0,144	3,3	8,4	1,5	13,6	0,008	0,23	51,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,329	4,03	16,0	0,052	1,8	4,6	1,5	6,0	0,008	0,23	19,4
Median (Med.)	0,360	3,10	16,0	0,051	1,5	4,4	1,5	4,7	0,008	0,23	18,0
Minimum	0,120	0,62	1,5	0,011	1,5	2,3	1,5	2,0	0,008	0,23	4,0
Maximum	0,480	13,00	35,0	0,120	3,3	7,9	1,5	15,0	0,008	0,23	34,0
Anzahl (n)	15	14	17	13	11	14	9	13	11	10	13
Standardabwg.	0,116	3,84	9,2	0,032	0,6	1,8	0,0	3,7	0,000	0,00	9,5
Dispersion (Disp.)	0,070	1,80	6,0	0,018	0,0	1,1	0,0	1,9	0,000	0,00	9,0
25er Perzentil	0,250	1,25	8,3	0,027	1,5	3,2	1,5	3,1	0,008	0,23	14,0
75er Perzentil	0,420	4,50	21,0	0,066	1,8	5,3	1,5	7,7	0,008	0,23	27,0
90er Perzentil	0,460	9,77	26,6	0,088	2,3	7,2	1,5	10,4	0,008	0,23	31,0
97,5er Perzentil	0,480	12,35	32,6	0,112	3,1	7,7	1,5	13,8	0,008	0,23	33,4
99er Perzentil	0,480	12,74	34,0	0,117	3,2	7,8	1,5	14,5	0,008	0,23	33,8
Med. + 2*Disp.	0,500	6,70	28,0	0,087	1,5	6,6	1,5	8,5	0,008	0,23	36,0

Anlage 1.1

Tabelle 7.1a: Urdaten Sandsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter					Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
1141	BJ95	24/1/2	12,0			4,4	2,0	7,6	1,010	4,70	12,0	0,041	48,0	22,0	11,0	5,8	0,032	0,67	49,0
1154	BJ95	26/1/3	16,0			3,8	6,1	6,1	0,800	5,10	6,2	0,033	58,0	32,0	15,0	13,0	0,023	0,54	45,0
1170	BJ95	28/1/3	5,0			4,1	5,1	6,5	3,490	8,50	12,0	0,042	65,0	21,0	7,2	8,7	0,010	1,30	30,0
1172	BJ95	28/1/4	4,0			4,1	4,2	1,1	2,360	7,30	11,0	0,024	43,0	18,0	4,0	4,6	0,008	1,10	16,0
1208	BJ95	32/1/4	3,0			4,3	3,6	2,4	0,034	9,20	54,0	0,052	59,0	29,0	10,0	13,0	0,008	0,54	108,0

Anlage 1.1

Tabelle 7.1b: Statistik Sandsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,539	6,96	19,0	0,038	54,6	24,4	9,4	9,0	0,016	0,83	49,6
Median (Med.)	1,010	7,30	12,0	0,041	58,0	22,0	10,0	8,7	0,010	0,67	45,0
Minimum	0,034	4,70	6,2	0,024	43,0	18,0	4,0	4,6	0,008	0,54	16,0
Maximum	3,490	9,20	54,0	0,052	65,0	32,0	15,0	13,0	0,032	1,30	108,0
Anzahl (n)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Standardabwg.	1,376	2,00	19,7	0,011	8,9	5,9	4,1	3,9	0,011	0,35	35,2
Dispersion (Disp.)	0,976	1,90	1,0	0,008	7,0	4,0	2,8	4,1	0,002	0,13	15,0
25er Perzentil	0,800	5,10	11,0	0,033	48,0	21,0	7,2	5,8	0,008	0,54	30,0
75er Perzentil	2,360	8,50	12,0	0,042	59,0	29,0	11,0	13,0	0,023	1,10	49,0
90er Perzentil	3,038	8,92	37,2	0,048	62,6	30,8	13,4	13,0	0,028	1,22	84,4
97,5er Perzentil	3,377	9,13	49,8	0,051	64,4	31,7	14,6	13,0	0,031	1,28	102,1
99er Perzentil	3,445	9,17	52,3	0,052	64,8	31,9	14,8	13,0	0,032	1,29	105,6
Med. + 2*Disp.	2,962	11,10	14,0	0,057	72,0	30,0	15,6	16,9	0,014	0,93	75,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,539	6,96	11,7	0,038	54,6	24,4	9,4	9,0	0,009	0,71	35,0
Median (Med.)	1,010	7,30	12,0	0,041	58,0	22,0	10,0	8,7	0,008	0,61	37,5
Minimum	0,034	4,70	11,0	0,024	43,0	18,0	4,0	4,6	0,008	0,54	16,0
Maximum	3,490	9,20	12,0	0,052	65,0	32,0	15,0	13,0	0,010	1,10	49,0
Anzahl (n)	5	5	3	5	5	5	5	5	3	4	4
Standardabwg.	1,376	2,00	0,6	0,011	8,9	5,9	4,1	3,9	0,001	0,27	15,1
Dispersion (Disp.)	0,976	1,90	0,0	0,008	7,0	4,0	2,8	4,1	0,000	0,07	9,5
25er Perzentil	0,800	5,10	11,5	0,033	48,0	21,0	7,2	5,8	0,008	0,54	26,5
75er Perzentil	2,360	8,50	12,0	0,042	59,0	29,0	11,0	13,0	0,009	0,78	46,0
90er Perzentil	3,038	8,92	12,0	0,048	62,6	30,8	13,4	13,0	0,010	0,97	47,8
97,5er Perzentil	3,377	9,13	12,0	0,051	64,4	31,7	14,6	13,0	0,010	1,07	48,7
99er Perzentil	3,445	9,17	12,0	0,052	64,8	31,9	14,8	13,0	0,010	1,09	48,9
Med. + 2*Disp.	2,962	11,10	12,0	0,057	72,0	30,0	15,6	16,9	0,008	0,74	56,5

Anlage 1.1

Tabelle 7.1c: Urdaten Sandsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
1142	BJ95	24/1/2							1,000	6,90	6,5	0,062	39,0	17,0	3,5	3,9	0,008	1,10	31,0	
1155	BJ95	26/1/3							0,540	5,50	9,2	0,057	65,0	33,0	9,0	11,0	0,008	0,62	39,0	
1156	BJ95	26/1/4							0,560	7,10	8,6	0,041	51,0	26,0	6,8	10,0	0,008	0,33	31,0	
1171	BJ95	28/1/3							3,740	16,00	8,0	0,053	68,0	24,0	7,9	6,0	0,008	1,30	23,0	
1173	BJ95	28/1/4							2,670	12,00	10,0	0,044	38,0	17,0	5,3	4,4	0,008	1,50	12,0	
1174	BJ95	28/1/5							1,530	13,00	1,5	0,032	30,0	15,0	2,8	3,9	0,008	1,10	10,0	
1209	BJ95	32/1/4							0,690	11,00	37,0	0,049	64,0	34,0	13,0	11,0	0,008	0,68	97,0	
1210	BJ95	32/1/5							0,530	18,00	25,0	0,063	59,0	28,0	11,0	12,0	0,008	0,77	64,0	

Anlage 1.1

Tabelle 7.1d: Statistik Sandsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,408	11,19	13,2	0,050	51,8	24,3	7,4	7,8	0,008	0,93	38,4
Median (Med.)	0,845	11,50	8,9	0,051	55,0	25,0	7,4	8,0	0,008	0,94	31,0
Minimum	0,530	5,50	1,5	0,032	30,0	15,0	2,8	3,9	0,008	0,33	10,0
Maximum	3,740	18,00	37,0	0,063	68,0	34,0	13,0	12,0	0,008	1,50	97,0
Anzahl (n)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Standardabwg.	1,194	4,49	11,7	0,011	14,5	7,4	3,6	3,5	0,000	0,39	29,1
Dispersion (Disp.)	0,310	4,45	1,8	0,009	11,5	8,0	2,9	3,3	0,000	0,29	13,5
25er Perzentil	0,555	7,05	7,6	0,043	38,8	17,0	4,9	4,3	0,008	0,67	20,3
75er Perzentil	1,815	13,75	13,8	0,058	64,3	29,3	9,5	11,0	0,008	1,15	45,3
90er Perzentil	2,991	16,60	28,6	0,062	65,9	33,3	11,6	11,3	0,008	1,36	73,9
97,5er Perzentil	3,553	17,65	34,9	0,063	67,5	33,8	12,7	11,8	0,008	1,47	91,2
99er Perzentil	3,665	17,86	36,2	0,063	67,8	33,9	12,9	11,9	0,008	1,49	94,7
Med. + 2*Disp.	1,465	20,40	12,4	0,068	78,0	41,0	13,1	14,6	0,008	1,51	58,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,808	11,19	8,5	0,050	51,8	24,3	7,4	7,8	0,008	0,93	30,0
Median (Med.)	0,625	11,50	8,6	0,051	55,0	25,0	7,4	8,0	0,008	0,94	31,0
Minimum	0,530	5,50	6,5	0,032	30,0	15,0	2,8	3,9	0,008	0,33	10,0
Maximum	1,530	18,00	10,0	0,063	68,0	34,0	13,0	12,0	0,008	1,50	64,0
Anzahl (n)	6	8	5	8	8	8	8	8	8	8	7
Standardabwg.	0,396	4,49	1,3	0,011	14,5	7,4	3,6	3,5	0,000	0,39	18,3
Dispersion (Disp.)	0,090	4,45	0,6	0,009	11,5	8,0	2,9	3,3	0,000	0,29	8,0
25er Perzentil	0,545	7,05	8,0	0,043	38,8	17,0	4,9	4,3	0,008	0,67	17,5
75er Perzentil	0,923	13,75	9,2	0,058	64,3	29,3	9,5	11,0	0,008	1,15	35,0
90er Perzentil	1,265	16,60	9,7	0,062	65,9	33,3	11,6	11,3	0,008	1,36	49,0
97,5er Perzentil	1,464	17,65	9,9	0,063	67,5	33,8	12,7	11,8	0,008	1,47	60,3
99er Perzentil	1,504	17,86	10,0	0,063	67,8	33,9	12,9	11,9	0,008	1,49	62,5
Med. + 2*Disp.	0,805	20,40	9,8	0,068	78,0	41,0	13,1	14,6	0,008	1,51	47,0

Anlage 1.1

Tabelle 7.2a: Urdaten Tonsteine, Schluffsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte										
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
1056	BJ95	14/1/4	15,0		0,2	3,7	7,5	4,1	1,050	16,00	8,2	0,070	66,0	32,0	13,0	10,0	0,014	0,85	38,0
1058	BJ95	14/1/5	11,0			4,1	4,8	6,5	1,350	13,00	8,5	0,073	72,0	38,0	15,0	11,0	0,008	1,30	41,0
1072	BJ95	16/1/4	12,0			4,7	4,8	9,8	1,330	26,00	35,0	0,130	73,0	35,0	16,0	26,0	0,045	0,59	93,0
1074	BJ95	16/1/5	13,0			5,0	4,3	23,8	2,070	45,00	14,0	0,071	85,0	43,0	22,0	48,0	0,049	0,79	69,0
1198	BJ95	31/1/4	15,0			3,9	12,3	10,5	1,510	77,00	350,0	0,700	76,0	26,0	15,0	20,0	0,083	0,82	443,0
1200	BJ95	31/1/5	19,0			4,0	22,2	24,2	7,680	189,00	154,0	2,000	66,0	21,0	12,0	17,0	0,230	2,90	145,0

(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)

Anlage 1.1

Tabelle 7.2b: Statistik Tonsteine, Schluffsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,498	61,00	95,0	0,507	73,0	32,5	15,5	22,0	0,072	1,21	138,2
Median (Med.)	1,430	35,50	24,5	0,102	72,5	33,5	15,0	18,5	0,047	0,84	81,0
Minimum	1,050	13,00	8,2	0,070	66,0	21,0	12,0	10,0	0,008	0,59	38,0
Maximum	7,680	189,00	350,0	2,000	85,0	43,0	22,0	48,0	0,230	2,90	443,0
Anzahl (n)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Standardabwg.	2,561	67,01	136,9	0,772	7,1	8,0	3,5	14,0	0,082	0,86	154,4
Dispersion (Disp.)	0,240	21,00	16,2	0,031	5,0	6,0	1,5	7,5	0,035	0,15	41,5
25er Perzentil	1,335	18,50	9,9	0,072	67,5	27,5	13,5	12,5	0,022	0,80	48,0
75er Perzentil	1,930	69,00	124,3	0,558	75,3	37,3	15,8	24,5	0,075	1,19	132,0
90er Perzentil	4,875	133,00	252,0	1,350	80,5	40,5	19,0	37,0	0,157	2,10	294,0
97,5er Perzentil	6,979	175,00	325,5	1,838	83,9	42,4	21,3	45,3	0,212	2,70	405,8
99er Perzentil	7,400	183,40	340,2	1,935	84,6	42,8	21,7	46,9	0,223	2,82	428,1
Med. + 2*Disp.	1,910	77,50	56,8	0,164	82,5	45,5	18,0	33,5	0,116	1,13	164,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,462	35,40	16,4	0,086	73,0	32,5	14,2	22,0	0,040	0,87	77,2
Median (Med.)	1,350	26,00	11,3	0,072	72,5	33,5	15,0	18,5	0,045	0,82	69,0
Minimum	1,050	13,00	8,2	0,070	66,0	21,0	12,0	10,0	0,008	0,59	38,0
Maximum	2,070	77,00	35,0	0,130	85,0	43,0	16,0	48,0	0,083	1,30	145,0
Anzahl (n)	5	5	4	4	6	6	5	6	5	5	5
Standardabwg.	0,378	26,41	12,7	0,029	7,1	8,0	1,6	14,0	0,030	0,26	44,0
Dispersion (Disp.)	0,160	13,00	2,9	0,002	5,0	6,0	1,0	7,5	0,031	0,03	28,0
25er Perzentil	1,330	16,00	8,4	0,071	67,5	27,5	13,0	12,5	0,014	0,79	41,0
75er Perzentil	1,510	45,00	19,3	0,087	75,3	37,3	15,0	24,5	0,049	0,85	93,0
90er Perzentil	1,846	64,20	28,7	0,113	80,5	40,5	15,6	37,0	0,069	1,12	124,2
97,5er Perzentil	2,014	73,80	33,4	0,126	83,9	42,4	15,9	45,3	0,080	1,26	139,8
99er Perzentil	2,048	75,72	34,4	0,128	84,6	42,8	16,0	46,9	0,082	1,28	142,9
Med. + 2*Disp.	1,670	52,00	17,1	0,075	82,5	45,5	17,0	33,5	0,107	0,88	125,0

Anlage 1.1

Tabelle 7.2c: Urdaten Tonsteine, Schluffsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
1073	BJ95	16/1/4							0,670	49,00	32,0	0,160	55,0	28,0	12,0	21,0	0,010	0,23	59,0	
1075	BJ95	16/1/5							4,000	152,00	13,0	0,130	93,0	47,0	20,0	70,0	0,032	0,79	62,0	
1076	BJ95	16/1/6							3,280	86,00	5,4	0,055	37,0	18,0	8,5	204,0	0,008	0,23	39,0	
1092	BJ95	18/1/4							0,190	15,00	6,6	0,210	55,0	28,0	11,0	7,2	0,023	0,46	37,0	
1199	BJ95	31/1/4							1,320	62,00	171,0	0,840	76,0	30,0	13,0	20,0	0,027	0,95	391,0	
1201	BJ95	31/1/5							5,800	230,00	124,0	1,500	64,0	23,0	11,0	18,0	0,210	0,23	147,0	

Anlage 1.1

Tabelle 7.2d: Statistik Tonsteine, Schluffsteine des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,543	99,00	58,7	0,483	63,3	29,0	12,6	56,7	0,052	0,48	122,5
Median (Med.)	2,300	74,00	22,5	0,185	59,5	28,0	11,5	20,5	0,025	0,35	60,5
Minimum	0,190	15,00	5,4	0,055	37,0	18,0	8,5	7,2	0,008	0,23	37,0
Maximum	5,800	230,00	171,0	1,500	93,0	47,0	20,0	204,0	0,210	0,95	391,0
Anzahl (n)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Standardabwg.	2,182	78,82	71,0	0,574	19,4	9,8	3,9	75,4	0,078	0,32	137,6
Dispersion (Disp.)	1,665	42,00	16,5	0,093	10,5	3,5	1,0	7,9	0,011	0,12	22,5
25er Perzentil	0,833	52,25	8,2	0,138	55,0	24,3	11,0	18,5	0,013	0,23	44,0
75er Perzentil	3,820	135,50	101,0	0,683	73,0	29,5	12,8	57,8	0,031	0,71	125,8
90er Perzentil	4,900	191,00	147,5	1,170	84,5	38,5	16,5	137,0	0,121	0,87	269,0
97,5er Perzentil	5,575	220,25	165,1	1,418	90,9	44,9	19,1	187,3	0,188	0,93	360,5
99er Perzentil	5,710	226,10	168,7	1,467	92,2	46,2	19,7	197,3	0,201	0,94	378,8
Med. + 2*Disp.	5,630	158,00	55,5	0,370	80,5	35,0	13,5	36,3	0,047	0,58	105,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,543	99,00	14,3	0,139	63,3	25,4	11,1	16,6	0,020	0,39	68,8
Median (Med.)	2,300	74,00	9,8	0,145	59,5	28,0	11,0	19,0	0,023	0,23	59,0
Minimum	0,190	15,00	5,4	0,055	37,0	18,0	8,5	7,2	0,008	0,23	37,0
Maximum	5,800	230,00	32,0	0,210	93,0	30,0	13,0	21,0	0,032	0,79	147,0
Anzahl (n)	6	6	4	4	6	5	5	4	5	5	5
Standardabwg.	2,182	78,82	12,3	0,065	19,4	4,9	1,7	6,4	0,011	0,25	45,2
Dispersion (Disp.)	1,665	42,00	3,8	0,040	10,5	2,0	1,0	1,5	0,009	0,00	20,0
25er Perzentil	0,833	52,25	6,3	0,111	55,0	23,0	11,0	15,3	0,010	0,23	39,0
75er Perzentil	3,820	135,50	17,8	0,173	73,0	28,0	12,0	20,3	0,027	0,46	62,0
90er Perzentil	4,900	191,00	26,3	0,195	84,5	29,2	12,6	20,7	0,030	0,66	113,0
97,5er Perzentil	5,575	220,25	30,6	0,206	90,9	29,8	12,9	20,9	0,032	0,76	138,5
99er Perzentil	5,710	226,10	31,4	0,209	92,2	29,9	13,0	21,0	0,032	0,78	143,6
Med. + 2*Disp.	5,630	158,00	17,4	0,225	80,5	32,0	13,0	22,0	0,041	0,23	99,0

Anlage 1.1

Tabelle 7.3a: Urdaten Porphyre... des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter					Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
1098	BJ95	19/1/4	16,0			4,3	13,0	31,4	0,370	13,00	112,0	0,099	61,0	41,0	27,0	76,0	0,075	0,23	187,0
1109	BJ95	20/1/6	1,0			4,1	4,1	7,6	0,420	7,40	32,0	0,120	22,0	13,0	8,8	10,0	0,023	0,23	41,0
1148	BJ95	25/1/4	8,0			4,6	2,8	12,2	0,730	6,30	9,8	0,058	51,0	19,0	13,0	6,6	0,023	0,43	34,0
1164	BJ95	27/1/5	4,0			3,7	9,1	7,8	0,990	9,70	12,0	0,050	21,0	11,0	2,1	8,7	0,062	0,40	32,0
1183	BJ95	29/1/6	19,0			3,7	24,4	7,8	0,870	11,00	323,0	0,034	11,0	4,0	8,5	142,0	0,032	0,86	42,0
1215	BJ95	33/1/3	6,0			4,4	11,5	0,9	4,680	8,30	4,0	0,058	33,0	15,0	8,1	3,9	0,087	0,51	31,0
1217	BJ95	33/1/4	4,0			4,4	10,1	11,4	3,060	5,20	4,9	0,065	50,0	13,0	10,0	3,6	0,092	0,41	23,0
1219	BJ95	33/1/5	2,0			4,5	9,0	10,9	1,980	6,50	1,5	0,042	40,0	20,0	8,7	3,8	0,078	0,55	24,0
1234	BJ95	35/1/3	22,0			4,3	17,2	13,5	0,310	3,00	15,0	0,069	29,0	14,0	11,0	5,9	0,045	0,58	114,0
1236	BJ95	35/1/4	10,0			4,4	12,8	10,9	0,350	1,80	15,0	0,046	25,0	11,0	14,0	5,8	0,019	0,66	102,0
1249	BJ95	37/1/4	38,0			3,7	17,1	15,7	0,850	9,40	6,7	0,011	30,0	9,8	14,0	6,3	0,014	0,72	23,0
1251	BJ95	37/1/5	18,0			3,8	12,6	9,2	0,610	14,00	7,6	0,011	23,0	9,1	17,0	5,5	0,023	0,59	18,0
1264	BJ95	39/1/3	11,0			4,7	13,4	10,9	0,580	4,80	16,0	0,047	26,0	14,0	9,8	7,4	0,027	0,23	32,0

Anlage 1.1

Tabelle 7.3b: Statistik Porphyre... des Rotliegenden (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,215	7,72	43,0	0,055	32,5	14,9	11,7	22,0	0,046	0,49	54,1
Median (Med.)	0,730	7,40	12,0	0,050	29,0	13,0	10,0	6,3	0,032	0,51	32,0
Minimum	0,310	1,80	1,5	0,011	11,0	4,0	2,1	3,6	0,014	0,23	18,0
Maximum	4,680	14,00	323,0	0,120	61,0	41,0	27,0	142,0	0,092	0,86	187,0
Anzahl (n)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Standardabwg.	1,298	3,66	88,9	0,030	14,2	8,9	5,9	41,0	0,029	0,20	49,9
Dispersion (Disp.)	0,310	2,30	5,3	0,015	7,0	2,0	1,9	2,4	0,013	0,11	9,0
25er Perzentil	0,420	5,20	6,7	0,042	23,0	11,0	8,7	5,5	0,023	0,40	24,0
75er Perzentil	0,990	9,70	16,0	0,065	40,0	15,0	14,0	8,7	0,075	0,59	42,0
90er Perzentil	2,844	12,60	96,0	0,093	50,8	19,8	16,4	62,8	0,085	0,71	111,6
97,5er Perzentil	4,194	13,70	259,7	0,114	58,0	34,7	24,0	122,2	0,091	0,82	165,1
99er Perzentil	4,486	13,88	297,7	0,117	59,8	38,5	25,8	134,1	0,091	0,84	178,2
Med. + 2*Disp.	1,350	12,00	22,6	0,080	43,0	17,0	13,8	11,1	0,058	0,73	50,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,608	7,72	11,3	0,049	30,1	13,5	11,2	6,1	0,038	0,49	30,0
Median (Med.)	0,595	7,40	9,8	0,049	27,5	13,0	10,0	5,9	0,027	0,51	31,5
Minimum	0,310	1,80	1,5	0,011	11,0	9,1	8,1	3,6	0,014	0,23	18,0
Maximum	0,990	14,00	32,0	0,099	51,0	20,0	17,0	10,0	0,078	0,86	42,0
Anzahl (n)	10	13	11	12	12	11	11	11	11	13	10
Standardabwg.	0,244	3,66	8,4	0,024	11,9	3,5	2,9	2,0	0,023	0,20	7,9
Dispersion (Disp.)	0,235	2,30	5,2	0,012	5,5	2,0	1,5	1,5	0,008	0,11	8,0
25er Perzentil	0,383	5,20	5,8	0,040	22,8	11,0	8,8	4,7	0,023	0,40	23,3
75er Perzentil	0,820	9,70	15,0	0,060	34,8	14,5	13,5	7,0	0,054	0,59	33,5
90er Perzentil	0,882	12,60	16,0	0,069	49,0	19,0	14,0	8,7	0,075	0,71	41,1
97,5er Perzentil	0,963	13,70	28,0	0,091	50,7	19,8	16,3	9,7	0,077	0,82	41,8
99er Perzentil	0,979	13,88	30,4	0,096	50,9	19,9	16,7	9,9	0,078	0,84	41,9
Med. + 2*Disp.	1,065	12,00	20,2	0,073	38,5	17,0	13,0	8,9	0,043	0,73	47,5

Anlage 1.1

Tabelle 7.3c: Urdaten Porphyre... des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
1099	BJ95	19/1/4							0,034	8,20	83,0	0,080	110,0	58,0	28,0	170,0	0,008	0,23	232,0	
1100	BJ95	19/1/5							0,070	2,70	34,0	0,011	88,0	52,0	25,0	106,0	0,008	0,23	281,0	
1110	BJ95	20/1/6							0,170	12,00	25,0	0,091	5,6	5,5	1,5	5,3	0,008	0,36	33,0	
1111	BJ95	20/1/7							0,690	2,60	1,5	0,022	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	12,0	
1149	BJ95	25/1/4							0,520	6,30	7,6	0,072	38,0	14,0	3,5	5,8	0,008	0,47	31,0	
1150	BJ95	25/1/5							1,050	7,40	6,2	0,110	29,0	11,0	2,2	5,0	0,014	0,39	32,0	
1165	BJ95	27/1/5							1,440	12,00	6,8	0,019	3,9	3,0	1,5	6,4	0,008	0,34	8,7	
1184	BJ95	29/1/6							0,970	6,80	83,0	0,050	4,5	1,5	1,5	41,0	0,008	0,45	10,0	
1216	BJ95	33/1/3							4,740	9,40	7,2	0,042	29,0	17,0	8,2	1,5	0,075	0,31	22,0	
1218	BJ95	33/1/4							5,330	8,90	12,0	0,051	40,0	15,0	7,7	4,5	0,062	0,39	28,0	
1220	BJ95	33/1/5							6,380	9,10	11,0	0,052	42,0	15,0	6,6	3,6	0,070	0,23	22,0	
1221	BJ95	33/1/6							1,300	5,40	11,0	0,050	45,0	15,0	6,8	4,2	0,049	0,31	29,0	
1235	BJ95	35/1/3							0,170	1,40	8,9	0,031	18,0	9,9	5,6	6,3	0,008	0,59	59,0	
1237	BJ95	35/1/4							0,210	2,00	12,0	0,031	15,0	8,9	7,1	5,6	0,008	0,56	65,0	
1250	BJ95	37/1/4							1,920	9,20	7,7	0,040	39,0	8,0	9,3	4,7	0,008	0,50	15,0	
1265	BJ95	39/1/3							0,420	3,10	18,0	0,036	7,5	6,6	3,0	3,3	0,008	0,23	13,0	
1266	BJ95	39/1/4							0,480	4,10	16,0	0,046	5,1	6,7	2,0	2,4	0,008	0,34	24,0	

Anlage 1.1

Tabelle 7.3d: Statistik Porphyre... des Rotliegenden (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,523	6,51	20,6	0,049	30,7	14,6	7,1	22,2	0,022	0,36	53,9
Median (Med.)	0,690	6,80	11,0	0,046	29,0	9,9	5,6	5,0	0,008	0,34	28,0
Minimum	0,034	1,40	1,5	0,011	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	8,7
Maximum	6,380	12,00	83,0	0,110	110,0	58,0	28,0	170,0	0,075	0,59	281,0
Anzahl (n)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Standardabwg.	1,983	3,42	24,7	0,026	30,2	16,0	7,8	45,9	0,025	0,12	78,3
Dispersion (Disp.)	0,520	2,60	4,2	0,015	16,0	5,1	3,4	1,4	0,000	0,11	13,0
25er Perzentil	0,210	3,10	7,6	0,031	5,6	6,6	2,0	3,6	0,008	0,23	15,0
75er Perzentil	1,440	9,10	18,0	0,052	40,0	15,0	7,7	6,3	0,014	0,45	33,0
90er Perzentil	4,976	10,44	53,6	0,084	62,2	31,0	15,6	67,0	0,065	0,52	131,8
97,5er Perzentil	5,960	12,00	83,0	0,102	101,2	55,6	26,8	144,4	0,073	0,58	261,4
99er Perzentil	6,212	12,00	83,0	0,107	106,5	57,0	27,5	159,8	0,074	0,59	273,2
Med. + 2*Disp.	1,730	12,00	19,4	0,076	61,0	20,1	12,4	7,8	0,008	0,56	54,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,675	6,51	10,8	0,045	25,7	9,2	4,5	4,3	0,008	0,36	26,9
Median (Med.)	0,500	6,80	10,0	0,044	23,5	8,9	3,5	4,6	0,008	0,34	24,0
Minimum	0,034	1,40	1,5	0,011	1,5	1,5	1,5	1,5	0,008	0,23	8,7
Maximum	1,920	12,00	25,0	0,091	88,0	17,0	9,3	6,4	0,008	0,59	65,0
Anzahl (n)	14	17	14	16	16	15	15	14	12	17	15
Standardabwg.	0,581	3,42	5,8	0,022	23,0	5,2	2,9	1,6	0,000	0,12	16,5
Dispersion (Disp.)	0,380	2,60	2,6	0,011	17,2	5,1	2,0	1,1	0,000	0,11	9,0
25er Perzentil	0,180	3,10	7,3	0,031	5,5	6,1	1,8	3,4	0,008	0,23	14,0
75er Perzentil	1,030	9,10	12,0	0,051	39,3	14,5	7,0	5,5	0,008	0,45	31,5
90er Perzentil	1,398	10,44	17,4	0,076	43,5	15,0	8,0	6,2	0,008	0,52	48,6
97,5er Perzentil	1,764	12,00	22,7	0,087	71,9	16,3	8,9	6,4	0,008	0,58	62,9
99er Perzentil	1,858	12,00	24,1	0,089	81,6	16,7	9,1	6,4	0,008	0,59	64,2
Med. + 2*Disp.	1,260	12,00	15,1	0,065	57,9	19,1	7,5	6,8	0,008	0,56	42,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.1a: Urdaten Granite des Untercarbon (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
1081	BJ95	17/1/4	3,0			4,0	8,6	17,9	0,500	12,00	14,0	0,031	42,0	22,0	12,0	7,6	0,032	0,67	17,0	
1083	BJ95	17/1/5	8,0			3,7	14,1	8,7	0,330	8,60	14,0	0,043	47,0	19,0	5,3	5,8	0,014	0,54	8,6	
1085	BJ95	17/1/6	5,0			3,8	11,9	13,1	0,560	9,20	8,3	0,040	43,0	19,0	9,0	6,1	0,019	0,66	13,0	
1190	BJ95	30/1/4	10,0			4,2	12,9	8,1	0,800	5,00	9,9	0,085	34,0	16,0	9,8	5,8	0,045	0,23	49,0	

Anlage 1.1

Tabelle 8.1b: Statistik Granite des Untercarbon (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,548	8,70	11,6	0,050	41,5	19,0	9,0	6,3	0,028	0,53	21,9
Median (Med.)	0,530	8,90	12,0	0,042	42,5	19,0	9,4	6,0	0,026	0,60	15,0
Minimum	0,330	5,00	8,3	0,031	34,0	16,0	5,3	5,8	0,014	0,23	8,6
Maximum	0,800	12,00	14,0	0,085	47,0	22,0	12,0	7,6	0,045	0,67	49,0
Anzahl (n)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Standardabwg.	0,194	2,88	2,9	0,024	5,4	2,4	2,8	0,9	0,014	0,21	18,4
Dispersion (Disp.)	0,115	1,70	2,1	0,006	2,5	1,5	1,5	0,2	0,009	0,07	4,2
25er Perzentil	0,458	7,70	9,5	0,038	40,0	18,3	8,1	5,8	0,018	0,46	11,9
75er Perzentil	0,620	9,90	14,0	0,054	44,0	19,8	10,4	6,5	0,035	0,66	25,0
90er Perzentil	0,728	11,16	14,0	0,072	45,8	21,1	11,3	7,2	0,041	0,67	39,4
97,5er Perzentil	0,782	11,79	14,0	0,082	46,7	21,8	11,8	7,5	0,044	0,67	46,6
99er Perzentil	0,793	11,92	14,0	0,084	46,9	21,9	11,9	7,6	0,045	0,67	48,0
Med. + 2*Disp.	0,760	12,30	16,1	0,054	47,5	22,0	12,4	6,3	0,044	0,73	23,4

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,548	8,70	11,6	0,038	41,5	19,0	9,0	5,9	0,028	0,62	12,9
Median (Med.)	0,530	8,90	12,0	0,040	42,5	19,0	9,4	5,8	0,026	0,66	13,0
Minimum	0,330	5,00	8,3	0,031	34,0	16,0	5,3	5,8	0,014	0,54	8,6
Maximum	0,800	12,00	14,0	0,043	47,0	22,0	12,0	6,1	0,045	0,67	17,0
Anzahl (n)	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3
Standardabwg.	0,194	2,88	2,9	0,006	5,4	2,4	2,8	0,2	0,014	0,07	4,2
Dispersion (Disp.)	0,115	1,70	2,1	0,003	2,5	1,5	1,5	0,0	0,009	0,01	4,0
25er Perzentil	0,458	7,70	9,5	0,036	40,0	18,3	8,1	5,8	0,018	0,60	10,8
75er Perzentil	0,620	9,90	14,0	0,042	44,0	19,8	10,4	6,0	0,035	0,67	15,0
90er Perzentil	0,728	11,16	14,0	0,042	45,8	21,1	11,3	6,0	0,041	0,67	16,2
97,5er Perzentil	0,782	11,79	14,0	0,043	46,7	21,8	11,8	6,1	0,044	0,67	16,8
99er Perzentil	0,793	11,92	14,0	0,043	46,9	21,9	11,9	6,1	0,045	0,67	16,9
Med. + 2*Disp.	0,760	12,30	16,1	0,046	47,5	22,0	12,4	5,8	0,044	0,68	21,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.1c: Urdaten Granite des Untercarbon (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte										(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
1082	BJ95	17/1/4							0,100	5,60	40,0	0,011	13,0	7,4	1,5	2,9	0,008	0,23	1,5
1084	BJ95	17/1/5							0,220	9,90	28,0	0,028	23,0	8,6	2,8	3,6	0,008	0,34	2,5
1086	BJ95	17/1/6							0,450	7,30	13,0	0,040	20,0	12,0	5,6	2,6	0,008	0,50	9,0
1191	BJ95	30/1/4							1,190	8,10	11,0	0,059	84,0	44,0	12,0	4,4	0,008	0,23	42,0
1192	BJ95	30/1/5							1,390	14,00	12,0	0,018	14,0	7,6	7,2	3,2	0,008	0,31	48,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.1d: Statistik Granite des Untercarbon (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,670	8,98	20,8	0,031	30,8	15,9	5,8	3,3	0,008	0,32	20,6
Median (Med.)	0,450	8,10	13,0	0,028	20,0	8,6	5,6	3,2	0,008	0,31	9,0
Minimum	0,100	5,60	11,0	0,011	13,0	7,4	1,5	2,6	0,008	0,23	1,5
Maximum	1,390	14,00	40,0	0,059	84,0	44,0	12,0	4,4	0,008	0,50	48,0
Anzahl (n)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Standardabwg.	0,584	3,20	12,8	0,019	30,0	15,8	4,1	0,7	0,000	0,11	22,6
Dispersion (Disp.)	0,350	1,80	2,0	0,012	6,0	1,2	2,8	0,4	0,000	0,08	7,5
25er Perzentil	0,220	7,30	12,0	0,018	14,0	7,6	2,8	2,9	0,008	0,23	2,5
75er Perzentil	1,190	9,90	28,0	0,040	23,0	12,0	7,2	3,6	0,008	0,34	42,0
90er Perzentil	1,310	12,36	35,2	0,051	59,6	31,2	10,1	4,1	0,008	0,44	45,6
97,5er Perzentil	1,370	13,59	38,8	0,057	77,9	40,8	11,5	4,3	0,008	0,48	47,4
99er Perzentil	1,382	13,84	39,5	0,058	81,6	42,7	11,8	4,4	0,008	0,49	47,8
Med. + 2*Disp.	1,150	11,70	17,0	0,052	32,0	11,0	11,2	4,0	0,008	0,47	24,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,670	8,98	12,0	0,031	17,5	8,9	5,8	3,3	0,008	0,32	4,3
Median (Med.)	0,450	8,10	12,0	0,028	17,0	8,1	5,6	3,2	0,008	0,31	2,5
Minimum	0,100	5,60	11,0	0,011	13,0	7,4	1,5	2,6	0,008	0,23	1,5
Maximum	1,390	14,00	13,0	0,059	23,0	12,0	12,0	4,4	0,008	0,50	9,0
Anzahl (n)	5	5	3	5	4	4	5	5	5	5	3
Standardabwg.	0,584	3,20	1,0	0,019	4,8	2,1	4,1	0,7	0,000	0,11	4,1
Dispersion (Disp.)	0,350	1,80	1,0	0,012	3,5	0,6	2,8	0,4	0,000	0,08	1,0
25er Perzentil	0,220	7,30	11,5	0,018	13,8	7,6	2,8	2,9	0,008	0,23	2,0
75er Perzentil	1,190	9,90	12,5	0,040	20,8	9,5	7,2	3,6	0,008	0,34	5,8
90er Perzentil	1,310	12,36	12,8	0,051	22,1	11,0	10,1	4,1	0,008	0,44	7,7
97,5er Perzentil	1,370	13,59	13,0	0,057	22,8	11,7	11,5	4,3	0,008	0,48	8,7
99er Perzentil	1,382	13,84	13,0	0,058	22,9	11,9	11,8	4,4	0,008	0,49	8,9
Med. + 2*Disp.	1,150	11,70	14,0	0,052	24,0	9,3	11,2	4,0	0,008	0,47	4,5

Anlage 1.1

Tabelle 8.2.1a: Urdaten Gneise des Kambrium (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte										
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
1065	BJ95	15/1/4	9,0			3,9	8,4	5,2	1,080	30,00	1,5	0,068	68,0	30,0	21,0	11,0	0,036	1,10	20,0
1067	BJ95	15/1/5	7,0			3,9	6,8	5,2	3,420	73,00	3,6	0,071	51,0	21,0	17,0	11,0	0,019	1,10	16,0
1123	BJ95	22/1/2	5,0			5,5	8,5	17,2	0,950	8,50	33,0	0,130	360,0	49,0	49,0	15,0	0,062	0,39	185,0
1125	BJ95	22/1/3	1,0			4,4	5,8	9,2	0,730	9,60	20,0	0,240	413,0	52,0	49,0	25,0	0,036	0,58	212,0
1127	BJ95	22/1/4	1,0			4,2	4,3	7,4	1,110	6,50	10,0	0,180	691,0	67,0	57,0	11,0	0,019	0,57	204,0
1137	BJ95	23/1/5	4,0			5,2	1,7	18,7	0,340	6,00	5,5	0,035	120,0	62,0	27,0	69,0	0,045	0,40	92,0

(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)

Anlage 1.1

Tabelle 8.2.1b: Statistik Gneise des Kambrium (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,272	22,27	12,3	0,121	283,8	46,8	36,7	23,7	0,036	0,69	121,5
Median (Med.)	1,015	9,05	7,8	0,101	240,0	50,5	38,0	13,0	0,036	0,58	138,5
Minimum	0,340	6,00	1,5	0,035	51,0	21,0	17,0	11,0	0,019	0,39	16,0
Maximum	3,420	73,00	33,0	0,240	691,0	67,0	57,0	69,0	0,062	1,10	212,0
Anzahl (n)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Standardabwg.	1,090	26,45	12,1	0,078	251,4	18,0	17,0	22,9	0,016	0,33	90,9
Dispersion (Disp.)	0,190	2,80	5,2	0,049	172,5	14,0	14,0	2,0	0,013	0,18	69,5
25er Perzentil	0,785	7,00	4,1	0,069	81,0	34,8	22,5	11,0	0,023	0,44	38,0
75er Perzentil	1,103	24,90	17,5	0,168	399,8	59,5	49,0	22,5	0,043	0,97	199,3
90er Perzentil	2,265	51,50	26,5	0,210	552,0	64,5	53,0	47,0	0,054	1,10	208,0
97,5er Perzentil	3,131	67,63	31,4	0,233	656,3	66,4	56,0	63,5	0,060	1,10	211,0
99er Perzentil	3,305	70,85	32,4	0,237	677,1	66,8	56,6	66,8	0,061	1,10	211,6
Med. + 2*Disp.	1,395	14,65	18,2	0,199	585,0	78,5	66,0	17,0	0,062	0,94	277,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,842	7,65	8,1	0,121	283,8	46,8	36,7	12,0	0,036	0,69	121,5
Median (Med.)	0,950	7,50	5,5	0,101	240,0	50,5	38,0	11,0	0,036	0,58	138,5
Minimum	0,340	6,00	1,5	0,035	51,0	21,0	17,0	11,0	0,019	0,39	16,0
Maximum	1,110	9,60	20,0	0,240	691,0	67,0	57,0	15,0	0,062	1,10	212,0
Anzahl (n)	5	4	5	6	6	6	6	4	6	6	6
Standardabwg.	0,318	1,69	7,3	0,078	251,4	18,0	17,0	2,0	0,016	0,33	90,9
Dispersion (Disp.)	0,160	1,25	4,0	0,049	172,5	14,0	14,0	0,0	0,013	0,18	69,5
25er Perzentil	0,730	6,38	3,6	0,069	81,0	34,8	22,5	11,0	0,023	0,44	38,0
75er Perzentil	1,080	8,78	10,0	0,168	399,8	59,5	49,0	12,0	0,043	0,97	199,3
90er Perzentil	1,098	9,27	16,0	0,210	552,0	64,5	53,0	13,8	0,054	1,10	208,0
97,5er Perzentil	1,107	9,52	19,0	0,233	656,3	66,4	56,0	14,7	0,060	1,10	211,0
99er Perzentil	1,109	9,57	19,6	0,237	677,1	66,8	56,6	14,9	0,061	1,10	211,6
Med. + 2*Disp.	1,270	10,00	13,5	0,199	585,0	78,5	66,0	11,0	0,062	0,94	277,5

Anlage 1.1

Tabelle 8.2.1c: Urdaten Gneise des Kambrium (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter					Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
1066	BJ95	15/1/4							1,200	23,00	1,5	0,046	61,0	21,0	12,0	6,9	0,008	0,90	11,0
1068	BJ95	15/1/5							1,670	45,00	1,5	0,047	41,0	19,0	12,0	9,0	0,008	0,70	18,0
1124	BJ95	22/1/2							0,270	6,90	14,0	0,045	170,0	21,0	21,0	9,6	0,010	0,23	86,0
1126	BJ95	22/1/3							0,250	10,00	18,0	0,096	147,0	25,0	26,0	14,0	0,008	0,36	122,0
1128	BJ95	22/1/4							0,300	8,50	15,0	0,130	427,0	40,0	39,0	12,0	0,008	0,23	121,0
1129	BJ95	22/1/5							0,200	3,10	5,9	0,062	210,0	29,0	30,0	30,0	0,008	0,48	108,0
1138	BJ95	23/1/5							0,330	4,30	1,5	0,035	110,0	56,0	21,0	37,0	0,010	0,23	62,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.2.1d: Statistik Gneise des Kambrium (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,603	14,40	8,2	0,066	166,6	30,1	23,0	16,9	0,009	0,45	75,4
Median (Med.)	0,300	8,50	5,9	0,047	147,0	25,0	21,0	12,0	0,008	0,36	86,0
Minimum	0,200	3,10	1,5	0,035	41,0	19,0	12,0	6,9	0,008	0,23	11,0
Maximum	1,670	45,00	18,0	0,130	427,0	56,0	39,0	37,0	0,010	0,90	122,0
Anzahl (n)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Standardabwg.	0,586	15,00	7,3	0,035	129,2	13,4	9,7	11,7	0,001	0,26	46,6
Dispersion (Disp.)	0,050	4,20	4,4	0,012	63,0	4,0	9,0	3,0	0,000	0,13	35,0
25er Perzentil	0,260	5,60	1,5	0,046	85,5	21,0	16,5	9,3	0,008	0,23	40,0
75er Perzentil	0,765	16,50	14,5	0,079	190,0	34,5	28,0	22,0	0,009	0,59	114,5
90er Perzentil	1,388	31,80	16,2	0,110	296,8	46,4	33,6	32,8	0,010	0,78	121,4
97,5er Perzentil	1,600	41,70	17,6	0,125	394,5	53,6	37,7	36,0	0,010	0,87	121,9
99er Perzentil	1,642	43,68	17,8	0,128	414,0	55,0	38,5	36,6	0,010	0,89	121,9
Med. + 2*Disp.	0,400	16,90	14,7	0,071	273,0	33,0	39,0	18,0	0,008	0,62	156,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,270	9,30	8,2	0,047	123,2	25,8	23,0	10,3	0,008	0,37	75,4
Median (Med.)	0,270	7,70	5,9	0,046	128,5	23,0	21,0	9,6	0,008	0,30	86,0
Minimum	0,200	3,10	1,5	0,035	41,0	19,0	12,0	6,9	0,008	0,23	11,0
Maximum	0,330	23,00	18,0	0,062	210,0	40,0	39,0	14,0	0,008	0,70	122,0
Anzahl (n)	5	6	7	5	6	6	7	5	5	6	7
Standardabwg.	0,049	7,18	7,3	0,010	64,9	7,8	9,7	2,8	0,000	0,19	46,6
Dispersion (Disp.)	0,030	2,85	4,4	0,001	54,5	3,0	9,0	2,4	0,000	0,07	35,0
25er Perzentil	0,250	4,95	1,5	0,045	73,3	21,0	16,5	9,0	0,008	0,23	40,0
75er Perzentil	0,300	9,63	14,5	0,047	164,3	28,0	28,0	12,0	0,008	0,45	114,5
90er Perzentil	0,318	16,50	16,2	0,056	190,0	34,5	33,6	13,2	0,008	0,59	121,4
97,5er Perzentil	0,327	21,38	17,6	0,061	205,0	38,6	37,7	13,8	0,008	0,67	121,9
99er Perzentil	0,329	22,35	17,8	0,061	208,0	39,5	38,5	13,9	0,008	0,69	121,9
Med. + 2*Disp.	0,330	13,40	14,7	0,048	237,5	29,0	39,0	14,4	0,008	0,43	156,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.2.2a: Urdaten phyllitische und kontaktmetamorphe Tonschiefer des Unterkarbon, Kambrium und Proterozoikum (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter							Schwermetallgehalte									
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0629	BJ94	7/1/4	8,0	-	-	4,7	-	-	6,400	10,00	12,0	0,075	151,0	62,0	22,0	26,0	0,087	0,65	270,0
0636	BJ94	7/2/4	11,0	-	-	5,0	2,5	6,6	0,190	14,00	13,0	0,084	88,0	24,0	18,0	37,0	0,090	0,68	92,0
0768	BJ94	9/4/2	7,0	-	4,8	5,7	7,5	10,4	0,450	331,00	23,0	0,030	69,0	48,0	21,0	80,0	0,065	0,90	111,0
0770	BJ94	9/4/3	7,0	-	-	4,3	7,0	9,4	0,450	75,00	22,0	0,011	76,0	39,0	26,0	75,0	0,023	0,99	102,0
0772	BJ94	9/4/4	8,0	-	-	4,0	8,4	11,0	0,400	90,00	17,0	0,030	78,0	28,0	39,0	83,0	0,038	0,88	82,0
0860	BJ94	11/1/2	20,0	-	3,3	6,1	n.b.	7,7	1,700	3,20	28,0	0,042	107,0	37,0	17,0	15,0	0,047	0,42	155,0
0862	BJ94	11/1/3	16,0	-	-	6,1	n.b.	4,5	2,200	1,00	22,0	0,015	127,0	46,0	16,0	38,0	0,023	0,39	187,0
0864	BJ94	11/1/4	8,0	-	-	-	-	-	1,500	0,99	22,0	0,024	130,0	45,0	17,0	43,0	0,020	0,30	164,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.2.2b: Statistik phyllitische und kontaktmetamorphe Tonschiefer des Unterkarbon, Kambrium und Proterozoikum (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte	Schwermetallgehalte										
Urdaten	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,661	65,65	19,9	0,039	103,3	41,1	22,0	49,6	0,049	0,65	145,4
Median (Med.)	0,975	12,00	22,0	0,030	97,5	42,0	19,5	40,5	0,043	0,67	133,0
Minimum	0,190	0,99	12,0	0,011	69,0	24,0	16,0	15,0	0,020	0,30	82,0
Maximum	6,400	331,00	28,0	0,084	151,0	62,0	39,0	83,0	0,090	0,99	270,0
Anzahl (n)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Standardabwg.	2,052	112,83	5,4	0,027	30,1	12,0	7,6	26,1	0,029	0,26	62,8
Dispersion (Disp.)	0,650	11,01	3,0	0,014	25,0	5,5	2,5	20,0	0,021	0,24	36,0
25er Perzentil	0,438	2,65	16,0	0,022	77,5	34,8	17,0	34,3	0,023	0,41	99,5
75er Perzentil	1,825	78,75	22,3	0,050	127,8	46,5	23,0	76,3	0,071	0,89	169,8
90er Perzentil	3,460	162,30	24,5	0,078	136,3	52,2	29,9	80,9	0,088	0,93	211,9
97,5er Perzentil	5,665	288,83	27,1	0,082	147,3	59,6	36,7	82,5	0,089	0,97	255,5
99er Perzentil	6,106	314,13	27,7	0,083	149,5	61,0	38,1	82,8	0,090	0,98	264,2
Med. + 2*Disp.	2,275	34,01	28,0	0,057	147,5	53,0	24,5	80,5	0,085	1,15	205,0

Kennwerte	Schwermetallgehalte										
ohne Ausreißer	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,984	5,84	19,9	0,039	103,3	41,1	19,6	49,6	0,049	0,65	145,4
Median (Med.)	0,450	3,20	22,0	0,030	97,5	42,0	18,0	40,5	0,043	0,67	133,0
Minimum	0,190	0,99	12,0	0,011	69,0	24,0	16,0	15,0	0,020	0,30	82,0
Maximum	2,200	14,00	28,0	0,084	151,0	62,0	26,0	83,0	0,090	0,99	270,0
Anzahl (n)	7	5	8	8	8	8	7	8	8	8	8
Standardabwg.	0,796	5,87	5,4	0,027	30,1	12,0	3,6	26,1	0,029	0,26	62,8
Dispersion (Disp.)	0,260	2,21	3,0	0,014	25,0	5,5	2,0	20,0	0,021	0,24	36,0
25er Perzentil	0,425	1,00	16,0	0,022	77,5	34,8	17,0	34,3	0,023	0,41	99,5
75er Perzentil	1,600	10,00	22,3	0,050	127,8	46,5	21,5	76,3	0,071	0,89	169,8
90er Perzentil	1,900	12,40	24,5	0,078	136,3	52,2	23,6	80,9	0,088	0,93	211,9
97,5er Perzentil	2,125	13,60	27,1	0,082	147,3	59,6	25,4	82,5	0,089	0,97	255,5
99er Perzentil	2,170	13,84	27,7	0,083	149,5	61,0	25,8	82,8	0,090	0,98	264,2
Med. + 2*Disp.	0,970	7,62	28,0	0,057	147,5	53,0	22,0	80,5	0,085	1,15	205,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.2.2c: Urdaten phyllitische und kontaktmetamorphe Tonschiefer des Unterkarbon, Kambrium und Proterozoikum (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0626	BJ94	7/1/2		-					13,000	54,00	8,2	0,220	69,0	38,0	22,0	72,0	0,042	0,42	173,0	
0628	BJ94	7/1/3		-					1,600	5,10	6,3	0,027	78,0	31,0	11,0	12,0	0,013	0,54	124,0	
0630	BJ94	7/1/4		-					1,700	5,80	8,4	0,024	97,0	37,0	13,0	13,0	0,034	0,54	128,0	
0631	BJ94	7/1/5		-					1,700	1,50	4,8	0,011	31,0	3,9	1,5	7,5	0,029	0,23	3,8	
0637	BJ94	7/2/4		-					0,180	13,00	8,8	0,066	87,0	27,0	18,0	82,0	0,045	0,48	70,0	
0769	BJ94	9/4/2		-					0,480	73,00	18,0	0,096	87,0	35,0	11,0	54,0	0,008	1,00	113,0	
0771	BJ94	9/4/3		-					0,590	95,00	13,0	0,081	102,0	45,0	16,0	89,0	0,011	1,00	80,0	
0773	BJ94	9/4/4		-					0,430	93,00	15,0	0,069	92,0	64,0	46,0	93,0	0,016	1,10	88,0	
0861	BJ94	11/1/2		-					0,830	0,95	20,0	0,011	97,0	37,0	16,0	8,9	0,008	0,54	124,0	
0863	BJ94	11/1/3		-					1,200	0,72	17,0	0,011	101,0	39,0	18,0	43,0	0,008	0,48	137,0	
0865	BJ94	11/1/4		-					1,100	0,48	19,0	0,011	110,0	36,0	15,0	28,0	0,008	0,48	137,0	

Anlage 1.1

Tabelle 8.2.2d: Statistik phyllitische und kontaktmetamorphe Tonschiefer des Unterkarbon, Kambrium und Proterozoikum (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,074	31,14	12,6	0,057	86,5	35,7	17,0	45,7	0,020	0,62	107,1
Median (Med.)	1,100	5,80	13,0	0,027	92,0	37,0	16,0	43,0	0,013	0,54	124,0
Minimum	0,180	0,48	4,8	0,011	31,0	3,9	1,5	7,5	0,008	0,23	3,8
Maximum	13,000	95,00	20,0	0,220	110,0	64,0	46,0	93,0	0,045	1,10	173,0
Anzahl (n)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Standardabwg.	3,663	39,35	5,5	0,063	21,7	14,2	11,0	34,0	0,015	0,28	45,1
Dispersion (Disp.)	0,600	5,32	4,8	0,016	9,0	2,0	3,0	31,0	0,005	0,06	13,0
25er Perzentil	0,535	1,23	8,3	0,011	82,5	33,0	12,0	12,5	0,008	0,48	84,0
75er Perzentil	1,650	63,50	17,5	0,075	99,0	38,5	18,0	77,0	0,032	0,77	132,5
90er Perzentil	1,700	93,00	19,0	0,096	102,0	45,0	22,0	89,0	0,042	1,00	137,0
97,5er Perzentil	10,175	94,50	19,8	0,189	108,0	59,3	40,0	92,0	0,044	1,08	164,0
99er Perzentil	11,870	94,80	19,9	0,208	109,2	62,1	43,6	92,6	0,045	1,09	169,4
Med. + 2*Disp.	2,300	16,44	22,6	0,059	110,0	41,0	22,0	105,0	0,023	0,66	150,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,981	3,94	12,6	0,035	92,0	37,3	15,6	45,7	0,013	0,50	122,7
Median (Med.)	0,965	1,50	13,0	0,024	94,5	37,0	16,0	43,0	0,010	0,48	124,0
Minimum	0,180	0,48	4,8	0,011	69,0	31,0	11,0	7,5	0,008	0,42	80,0
Maximum	1,700	13,00	20,0	0,081	110,0	45,0	22,0	93,0	0,029	0,54	173,0
Anzahl (n)	10	7	11	9	10	8	9	11	8	7	9
Standardabwg.	0,563	4,55	5,5	0,029	12,2	4,0	3,6	34,0	0,007	0,05	27,6
Dispersion (Disp.)	0,510	1,02	4,8	0,013	7,5	1,5	2,0	31,0	0,002	0,06	13,0
25er Perzentil	0,508	0,84	8,3	0,011	87,0	35,8	13,0	12,5	0,008	0,48	113,0
75er Perzentil	1,500	5,45	17,5	0,066	100,0	38,3	18,0	77,0	0,014	0,54	137,0
90er Perzentil	1,700	8,68	19,0	0,071	102,8	40,8	18,8	89,0	0,020	0,54	144,2
97,5er Perzentil	1,700	11,92	19,8	0,079	108,2	44,0	21,2	92,0	0,027	0,54	165,8
99er Perzentil	1,700	12,57	19,9	0,080	109,3	44,6	21,7	92,6	0,028	0,54	170,1
Med. + 2*Disp.	1,985	3,54	22,6	0,050	109,5	40,0	20,0	105,0	0,013	0,60	150,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.3a: Urdaten Tonschiefer, Ton- und Schluffsteine des Unter carbon (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0650	BJ94	7/4/4	9,0	-	-	6,0	4,3	10,8	2,100	37,00	3,1	0,075	102,0	49,0	22,0	51,0	0,017	0,57	53,0	
0652	BJ94	7/4/5	12,0	-	-	5,6	7,3	15,1	1,700	50,00	6,6	0,075	129,0	51,0	32,0	50,0	0,022	0,41	108,0	
0658	BJ94	7/5/3	11,0	-	-	4,8	10,7	9,9	1,200	12,00	25,0	0,087	88,0	58,0	22,0	28,0	0,071	0,34	153,0	
0660	BJ94	7/5/4	5,0	-	-	5,0	5,8	4,4	2,100	24,00	53,0	0,066	79,0	48,0	28,0	44,0	0,079	0,23	115,0	
0669	BJ94	7/6/5	10,0	-	-	4,4	12,5	10,5	2,600	12,00	19,0	0,057	73,0	31,0	15,0	55,0	0,150	0,23	65,0	
0671	BJ94	7/6/6	10,0	-	-	4,2	10,4	8,3	2,400	12,00	15,0	0,048	82,0	27,0	15,0	38,0	0,079	0,67	51,0	
0678	BJ94	7/7/4	10,0	-	-	4,2	13,1	10,4	3,100	13,00	22,0	0,036	75,0	47,0	11,0	26,0	0,068	0,52	73,0	
0680	BJ94	7/7/5	8,0	-	-	4,4	n.b.	5,1	6,300	13,00	21,0	0,036	71,0	35,0	23,0	32,0	0,049	0,43	82,0	
0684	BJ94	8/1/2	15,0	-	3,2	4,9	15,4	15,1	2,000	13,00	21,0	0,180	68,0	114,0	18,0	49,0	0,100	0,76	124,0	
0686	BJ94	8/1/3	15,0	-	-	4,5	n.b.	11,7	2,800	15,00	20,0	0,210	66,0	49,0	24,0	57,0	0,100	0,64	108,0	
0688	BJ94	8/1/4	7,0	-	-	-	-	-	3,300	17,00	13,0	0,260	56,0	142,0	50,0	84,0	0,087	0,61	124,0	
0718	BJ94	8/5/3	8,0	-	-	5,1	-	-	0,740	12,00	22,0	0,440	86,0	50,0	21,0	86,0	0,090	0,58	114,0	
0728	BJ94	8/6/5	8,0	-	-	4,2	-	-	2,300	14,00	30,0	0,140	99,0	33,0	1,5	22,0	0,330	0,88	95,0	
0730	BJ94	8/6/6	12,0	-	-	-	-	-	8,200	49,00	40,0	0,170	176,0	41,0	4,3	81,0	0,440	0,71	190,0	
0734	BJ94	8/7/2	16,0	2,8	5,8	6,6	5,5	20,7	0,750	13,00	47,0	0,340	102,0	712,0	21,0	63,0	0,220	0,54	295,0	
0736	BJ94	8/7/3	10,0	10,1	4,6	-	-	-	0,980	7,60	21,0	0,130	96,0	57,0	24,0	42,0	0,360	0,42	155,0	
0740	BJ94	8/8/2	12,0	-	-	-	-	-	1,500	30,00	31,0	0,120	142,0	172,0	37,0	124,0	0,220	0,35	235,0	
0749	BJ94	9/1/6	19,0	-	-	4,6	2,4	8,4	21,000	82,00	10,0	0,140	404,0	436,0	89,0	165,0	0,270	0,49	795,0	
0755	BJ94	9/2/3	7,0	-	-	4,2	3,1	18,4	0,800	7,00	29,0	0,011	83,0	23,0	13,0	25,0	0,061	0,52	99,0	
0762	BJ94	9/3/4	13,0	-	-	4,1	6,9	6,0	0,440	11,00	16,0	0,011	102,0	72,0	20,0	60,0	0,036	0,34	131,0	
0764	BJ94	9/3/5	9,0	-	-	4,2	-	-	0,400	14,00	21,0	0,011	86,0	202,0	21,0	56,0	0,050	0,37	114,0	
0788	BJ94	10/1/4	15,0	-	-	3,6	13,6	8,6	2,700	11,00	11,0	0,011	116,0	36,0	19,0	38,0	0,110	0,37	110,0	
0790	BJ94	10/1/5	11,0	-	-	-	-	-	3,300	0,00	12,0	0,024	121,0	39,0	38,0	40,0	0,150	0,39	122,0	
0811	BJ94	10/4/2	10,0	-	-	5,6	1,5	14,3	2,300	10,00	13,0	0,290	125,0	126,0	21,0	50,0	0,130	0,34	109,0	
0813	BJ94	10/4/3	6,0	-	-	5,6	n.b.	11,0	2,900	16,00	13,0	0,430	110,0	49,0	16,0	68,0	0,140	0,44	96,0	
0815	BJ94	10/4/4	28,0	-	-	4,6	11,6	13,9	1,300	20,00	21,0	0,560	125,0	52,0	16,0	154,0	0,580	0,88	96,0	
0880	BJ94	11/3/5	10,0	-	-	3,9	8,6	3,2	0,490	3,50	10,0	0,011	94,0	40,0	22,0	12,0	0,016	0,39	167,0	
0886	BJ94	11/4/4	12,0	-	-	5,7	1,7	2,7	0,620	0,86	10,0	0,011	83,0	35,0	13,0	4,1	0,016	0,33	108,0	
0898	BJ94	12/2/5	24,0	-	-	6,0	4,0	17,7	0,790	9,30	23,0	0,210	73,0	41,0	16,0	23,0	0,020	0,45	86,0	
0901	BJ94	12/3/3	26,0	-	-	6,8	6,1	12,4	0,610	6,50	15,0	0,100	113,0	43,0	24,0	39,0	0,041	0,45	104,0	
0903	BJ94	12/3/4	17,0	-	-	6,8	9,8	8,1	0,540	5,50	11,0	0,260	141,0	55,0	19,0	134,0	0,085	0,33	174,0	
1256	BJ95	38/1/3	19,0			3,6	12,8	1,7	1,340	7,50	9,8	0,085	95,0	35,0	14,0	6,7	0,014	0,79	32,0	
1258	BJ95	38/1/4	12,0			6,5	7,4	2,4	1,520	5,10	11,0	0,110	101,0	52,0	29,0	7,1	0,014	0,61	57,0	
1372	RM	188		0,3	1,0	4,4			1,200	24,00	34,0	0,370	112,0	47,0	22,0	29,0	0,093	0,74	109,0	
1385	RM	208		1,0	0,7	4,7			0,370	12,00	11,0	0,078	62,0	26,0	16,0	9,4	0,044	0,53	50,0	
1593	BDF	BDF-S5		0,2	0,1	5,3	6,2	7,0	0,470	6,20	25,0	0,062	37,0	40,0	15,0	22,0	0,048	0,96	120,0	
1594	BDF	BDF-S6		0,2	0,0	5,7	1,9	3,7	0,290	3,60	8,3	0,038	33,0	49,0	17,0	20,0	0,062	2,10	130,0	

Anlage 1.1

Tabelle 8.3b: Statistik Tonschiefer, Ton- und Schluffsteine des Untercarbon (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte		Schwermetallgehalte									
Urdaten	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,364	16,63	19,6	0,143	102,9	86,9	22,4	51,2	0,121	0,56	133,8
Median (Med.)	1,500	12,00	19,0	0,087	95,0	49,0	21,0	42,0	0,079	0,49	109,0
Minimum	0,290	0,86	3,1	0,011	33,0	23,0	1,5	4,1	0,014	0,23	32,0
Maximum	21,000	82,00	53,0	0,560	404,0	712,0	89,0	165,0	0,580	2,10	795,0
Anzahl (n)	37	36	37	37	37	37	37	37	37	37	37
Standardabwg.	3,541	15,86	11,0	0,139	58,6	128,9	14,3	39,4	0,128	0,32	122,7
Dispersion (Disp.)	0,890	4,45	7,0	0,063	20,0	9,0	5,0	18,0	0,043	0,12	21,0
25er Perzentil	0,740	7,58	11,0	0,038	75,0	39,0	16,0	25,0	0,044	0,37	95,0
75er Perzentil	2,600	16,25	23,0	0,210	113,0	57,0	24,0	60,0	0,140	0,64	130,0
90er Perzentil	3,300	33,50	32,2	0,352	133,8	154,0	34,0	101,2	0,294	0,83	180,4
97,5er Perzentil	9,480	54,00	47,6	0,452	198,8	463,6	53,9	155,1	0,454	1,07	345,0
99er Perzentil	16,392	70,80	50,8	0,517	321,9	612,6	75,0	161,0	0,530	1,69	615,0
Med. + 2*Disp.	3,280	20,90	33,0	0,213	135,0	67,0	31,0	78,0	0,165	0,73	151,0

Kennwerte		Schwermetallgehalte									
ohne Ausreißer	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,528	11,31	18,6	0,099	92,2	43,7	19,7	39,9	0,078	0,52	106,6
Median (Med.)	1,320	12,00	17,5	0,077	94,0	45,0	20,0	39,0	0,070	0,47	108,5
Minimum	0,290	0,86	3,1	0,011	33,0	23,0	1,5	4,1	0,014	0,23	32,0
Maximum	3,300	24,00	47,0	0,290	142,0	72,0	38,0	86,0	0,220	0,96	190,0
Anzahl (n)	34	31	36	32	35	30	35	33	32	36	34
Standardabwg.	0,965	5,47	9,6	0,081	26,2	10,7	7,5	22,3	0,055	0,19	36,3
Dispersion (Disp.)	0,780	3,00	6,5	0,053	19,0	6,5	4,0	16,0	0,031	0,13	15,5
25er Perzentil	0,650	7,25	11,0	0,036	74,0	35,3	15,5	23,0	0,040	0,37	88,3
75er Perzentil	2,300	13,50	22,3	0,140	111,0	49,8	22,5	55,0	0,100	0,62	123,5
90er Perzentil	2,870	17,00	30,5	0,210	125,0	55,2	28,6	67,0	0,149	0,78	154,4
97,5er Perzentil	3,300	24,00	40,9	0,267	141,2	61,9	37,2	84,4	0,220	0,89	176,8
99er Perzentil	3,300	24,00	44,6	0,281	141,7	67,9	37,7	85,4	0,220	0,93	184,7
Med. + 2*Disp.	2,880	18,00	30,5	0,183	132,0	58,0	28,0	71,0	0,131	0,72	139,5

Anlage 1.1

Tabelle 8.3c: Urdaten Tonschiefer, Ton- und Schluffsteine des Unter carbon (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0651	BJ94	7/4/4		-					0,980	17,00	10,0	0,039	78,0	32,0	16,0	32,0	0,008	0,36	43,0	
0653	BJ94	7/4/5		-					1,400	24,00	10,0	0,078	112,0	38,0	23,0	31,0	0,008	0,30	133,0	
0659	BJ94	7/5/3		-					1,300	4,10	20,0	0,036	92,0	29,0	19,0	10,0	0,011	0,42	104,0	
0661	BJ94	7/5/4		-					1,000	8,90	26,0	0,057	93,0	50,0	24,0	21,0	0,021	0,48	121,0	
0670	BJ94	7/6/5		-					2,300	6,90	16,0	0,042	71,0	22,0	11,0	46,0	0,032	0,63	55,0	
0672	BJ94	7/6/6		-					2,600	16,00	12,0	0,042	73,0	18,0	7,6	25,0	0,029	0,60	37,0	
0679	BJ94	7/7/4		-					3,400	12,00	17,0	0,021	98,0	32,0	8,8	25,0	0,018	0,45	86,0	
0681	BJ94	7/7/5		-					11,000	19,00	30,0	0,030	85,0	37,0	48,0	35,0	0,021	0,36	96,0	
0685	BJ94	8/1/2		-					2,800	21,00	13,0	0,230	98,0	42,0	18,0	48,0	0,026	0,51	127,0	
0687	BJ94	8/1/3		-					4,700	47,00	16,0	0,290	100,0	45,0	23,0	45,0	0,039	0,90	156,0	
0689	BJ94	8/1/4		-					2,000	19,00	12,0	0,250	101,0	51,0	29,0	47,0	0,032	0,75	146,0	
0719	BJ94	8/5/3		-					0,330	10,00	15,0	0,290	117,0	70,0	15,0	67,0	0,055	0,33	138,0	
0729	BJ94	8/6/5		-					1,300	5,60	24,0	0,130	100,0	29,0	1,5	17,0	0,220	0,57	77,0	
0731	BJ94	8/6/6		-					1,600	13,00	28,0	0,110	123,0	27,0	1,5	36,0	0,260	0,54	93,0	
0735	BJ94	8/7/2		2,6					0,620	3,00	13,0	0,100	114,0	47,0	18,0	20,0	0,160	0,36	121,0	
0737	BJ94	8/7/3		15,7					0,280	0,57	13,0	0,048	97,0	53,0	21,0	23,0	0,230	0,33	131,0	
0741	BJ94	8/8/2		-					0,540	27,00	13,0	0,069	126,0	122,0	34,0	119,0	0,043	0,30	284,0	
0750	BJ94	9/1/6		-					5,600	24,00	16,0	0,240	341,0	180,0	21,0	66,0	0,260	0,51	539,0	
0756	BJ94	9/2/3		-					0,340	7,00	19,0	0,036	125,0	45,0	12,0	33,0	0,008	0,54	146,0	
0763	BJ94	9/3/4		-					0,320	6,90	14,0	0,057	110,0	60,0	18,0	65,0	0,008	0,60	142,0	
0765	BJ94	9/3/5		-					0,550	12,00	42,0	0,048	106,0	54,0	24,0	49,0	0,024	0,69	164,0	
0789	BJ94	10/1/4		-					2,200	9,10	11,0	0,011	104,0	41,0	17,0	48,0	0,063	0,78	115,0	
0791	BJ94	10/1/5		-					2,100	11,00	11,0	0,011	101,0	42,0	20,0	43,0	0,074	0,57	101,0	
0812	BJ94	10/4/2		-					0,870	5,00	10,0	0,200	104,0	60,0	12,0	100,0	0,100	0,54	130,0	
0814	BJ94	10/4/3		-					0,690	29,00	14,0	0,240	115,0	64,0	15,0	112,0	0,120	0,54	181,0	
0816	BJ94	10/4/4		-					0,270	9,00	19,0	0,420	130,0	75,0	22,0	208,0	0,170	0,60	153,0	
0850	BJ94	10/10/1		-					1,100	15,00	16,0	0,054	116,0	54,0	21,0	38,0	0,037	0,39	110,0	
0852	BJ94	10/10/2		-					0,900	13,00	23,0	0,036	118,0	56,0	24,0	40,0	0,026	0,45	110,0	
0854	BJ94	10/10/3		-					0,900	11,00	24,0	0,054	142,0	61,0	28,0	50,0	0,024	0,57	135,0	
0856	BJ94	10/10/4		-					0,970	16,00	37,0	0,081	139,0	56,0	30,0	43,0	0,024	0,57	164,0	
0857	BJ94	10/10/5		-					0,830	19,00	33,0	0,100	140,0	63,0	36,0	72,0	0,032	0,63	164,0	
0902	BJ94	12/3/3		-					0,330	6,70	8,4	0,081	146,0	55,0	20,0	30,0	0,032	0,75	160,0	
0904	BJ94	12/3/4		-					0,370	7,30	6,4	0,180	138,0	51,0	15,0	104,0	0,060	0,78	158,0	
1257	BJ95	38/1/3							1,310	6,00	12,0	0,120	76,0	25,0	11,0	6,5	0,008	0,40	18,0	
1259	BJ95	38/1/4							1,190	7,50	11,0	0,110	123,0	32,0	16,0	6,5	0,008	0,59	28,0	

Anlage 1.1

Tabelle 8.3d: Statistik Tonschiefer, Ton- und Schluffsteine des Untercarbon (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,685	13,39	17,6	0,113	115,8	51,9	19,4	50,3	0,065	0,53	133,3
Median (Med.)	1,000	11,00	15,0	0,078	110,0	50,0	19,0	43,0	0,032	0,54	130,0
Minimum	0,270	0,57	6,4	0,011	71,0	18,0	1,5	6,5	0,008	0,30	18,0
Maximum	11,000	47,00	42,0	0,420	341,0	180,0	48,0	208,0	0,260	0,90	539,0
Anzahl (n)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Standardabwg.	2,030	9,13	8,4	0,099	43,9	29,3	9,3	39,3	0,076	0,15	86,6
Dispersion (Disp.)	0,600	5,00	4,0	0,042	13,0	11,0	4,0	18,0	0,023	0,09	28,0
25er Perzentil	0,585	6,95	12,0	0,042	98,0	34,5	15,0	27,5	0,021	0,41	98,5
75er Perzentil	2,050	18,00	21,5	0,155	124,0	58,0	23,5	57,5	0,069	0,60	154,5
90er Perzentil	3,160	24,00	29,2	0,246	139,6	67,6	29,6	102,4	0,200	0,75	164,0
97,5er Perzentil	6,410	31,70	37,8	0,310	175,3	130,7	37,8	132,4	0,260	0,80	322,3
99er Perzentil	9,164	40,88	40,3	0,376	274,7	160,3	43,9	177,7	0,260	0,86	452,3
Med. + 2*Disp.	2,200	21,00	23,0	0,162	136,0	72,0	27,0	79,0	0,078	0,72	186,0

Kennwerte	Schwermetallgehalte										
ohne Ausreißer	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,178	12,40	15,7	0,087	109,1	45,9	19,1	43,5	0,034	0,53	116,5
Median (Med.)	0,975	11,00	14,0	0,057	108,0	47,0	19,0	40,0	0,026	0,54	127,0
Minimum	0,270	0,57	6,4	0,011	71,0	18,0	7,6	6,5	0,008	0,30	18,0
Maximum	3,400	29,00	30,0	0,240	146,0	75,0	34,0	112,0	0,120	0,90	181,0
Anzahl (n)	32	34	32	31	34	33	31	33	29	35	33
Standardabwg.	0,817	7,12	5,9	0,067	20,2	14,5	6,3	25,9	0,027	0,15	42,7
Dispersion (Disp.)	0,430	4,65	3,0	0,024	13,0	10,0	4,0	10,0	0,013	0,09	26,0
25er Perzentil	0,548	6,93	11,8	0,041	98,0	32,0	15,0	25,0	0,018	0,41	96,0
75er Perzentil	1,450	16,75	19,0	0,110	123,0	56,0	23,0	49,0	0,039	0,60	146,0
90er Perzentil	2,290	23,10	24,0	0,200	138,7	62,6	28,0	71,0	0,065	0,75	163,2
97,5er Perzentil	2,935	27,35	28,5	0,240	142,7	71,0	31,0	105,6	0,106	0,80	167,4
99er Perzentil	3,214	28,34	29,4	0,240	144,7	73,4	32,8	109,4	0,114	0,86	175,6
Med. + 2*Disp.	1,835	20,30	20,0	0,105	134,0	67,0	27,0	60,0	0,052	0,72	179,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.4a: Urdaten Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechsellagerungen (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0417	BJ94	1/3/3	18,0	-	-	4,6	16,8	16,0	0,550	4,90	15,0	0,170	80,0	44,0	22,0	18,0	0,110	0,42	100,0	
0419	BJ94	1/3/4	6,0	-	-	4,3	4,9	7,6	0,580	3,60	5,6	0,029	96,0	46,0	26,0	9,8	0,065	0,23	54,0	
0421	BJ94	1/3/5	6,0	-	-	4,8	5,5	11,7	0,570	3,70	1,5	0,017	122,0	79,0	36,0	23,0	0,060	0,52	69,0	
0640	BJ94	7/3/2	17,0	-	2,5	5,8	5,6	14,8	1,400	5,00	10,0	0,063	118,0	37,0	18,0	15,0	0,087	0,49	119,0	
0642	BJ94	7/3/3	6,0	-	-	4,3	6,0	6,5	2,900	11,00	9,9	0,042	147,0	40,0	16,0	22,0	0,270	0,40	92,0	
0644	BJ94	7/3/4	5,0	-	-	-	-	-	2,800	13,00	8,6	0,036	155,0	41,0	15,0	25,0	0,310	0,36	93,0	
0724	BJ94	8/6/3	11,0	-	-	4,8	4,5	6,9	7,200	27,00	30,0	0,200	138,0	44,0	15,0	60,0	0,120	0,57	119,0	
0726	BJ94	8/6/4	11,0	-	-	5,2	1,4	6,8	5,600	29,00	30,0	0,140	123,0	34,0	8,1	36,0	0,290	0,81	114,0	
0778	BJ94	9/5/3	12,0	-	-	4,4	4,6	4,9	0,600	11,00	20,0	0,011	84,0	32,0	16,0	22,0	0,045	0,42	100,0	
0780	BJ94	9/5/4	13,0	-	-	4,2	4,2	5,2	0,720	10,00	17,0	0,011	81,0	32,0	12,0	22,0	0,056	0,38	104,0	
1365	RM	178		1,9	0,2	6,2			0,520	7,60	23,0	0,075	73,0	27,0	14,0	18,0	0,026	0,46	63,0	
1367	RM	180		0,5	0,7	4,8			1,600	14,00	11,0	0,470	79,0	31,0	12,0	25,0	0,055	0,54	54,0	

Anlage 1.1

Tabelle 8.4b: Statistik Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechsellagerungen (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,087	11,65	15,1	0,105	108,0	40,6	17,5	24,7	0,125	0,47	90,1
Median (Med.)	1,060	10,50	13,0	0,053	107,0	38,5	15,5	22,0	0,076	0,44	96,5
Minimum	0,520	3,60	1,5	0,011	73,0	27,0	8,1	9,8	0,026	0,23	54,0
Maximum	7,200	29,00	30,0	0,470	155,0	79,0	36,0	60,0	0,310	0,81	119,0
Anzahl (n)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Standardabwg.	2,212	8,43	9,2	0,132	29,3	13,5	7,5	12,8	0,104	0,14	24,2
Dispersion (Disp.)	0,525	4,50	5,7	0,039	26,5	6,0	3,0	3,5	0,033	0,07	20,0
25er Perzentil	0,578	4,98	9,6	0,026	80,8	32,0	13,5	18,0	0,056	0,40	67,5
75er Perzentil	2,825	13,25	20,8	0,148	126,8	44,0	19,0	25,0	0,158	0,53	106,5
90er Perzentil	5,330	25,70	29,3	0,197	146,1	45,8	25,6	34,9	0,288	0,57	118,5
97,5er Perzentil	6,760	28,45	30,0	0,396	152,8	69,9	33,3	53,4	0,305	0,74	119,0
99er Perzentil	7,024	28,78	30,0	0,440	154,1	75,4	34,9	57,4	0,308	0,78	119,0
Med. + 2*Disp.	2,110	19,50	24,4	0,130	160,0	50,5	21,5	29,0	0,141	0,58	136,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,224	10,07	15,1	0,072	108,0	37,1	15,8	21,4	0,069	0,44	90,1
Median (Med.)	0,660	10,00	13,0	0,042	107,0	37,0	15,0	22,0	0,060	0,42	96,5
Minimum	0,520	3,60	1,5	0,011	73,0	27,0	8,1	9,8	0,026	0,23	54,0
Maximum	2,900	27,00	30,0	0,200	155,0	46,0	26,0	36,0	0,120	0,57	119,0
Anzahl (n)	10	11	12	11	12	11	11	11	9	11	12
Standardabwg.	0,937	6,73	9,2	0,067	29,3	6,3	4,9	6,6	0,031	0,10	24,2
Dispersion (Disp.)	0,125	4,00	5,7	0,031	26,5	5,0	3,0	3,0	0,015	0,06	20,0
25er Perzentil	0,573	4,95	9,6	0,023	80,8	32,0	13,0	18,0	0,055	0,39	67,5
75er Perzentil	1,550	12,00	20,8	0,108	126,8	42,5	17,0	24,0	0,087	0,51	106,5
90er Perzentil	2,810	14,00	29,3	0,170	146,1	44,0	22,0	25,0	0,112	0,54	118,5
97,5er Perzentil	2,878	23,75	30,0	0,193	152,8	45,5	25,0	33,3	0,118	0,56	119,0
99er Perzentil	2,891	25,70	30,0	0,197	154,1	45,8	25,6	34,9	0,119	0,57	119,0
Med. + 2*Disp.	0,910	18,00	24,4	0,104	160,0	47,0	21,0	28,0	0,090	0,54	136,5

Anlage 1.1

Tabelle 8.4c: Urdaten Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechsellagerungen (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte										(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0418	BJ94	1/3/3		-					0,610	2,90	11,0	0,069	142,0	48,0	18,0	12,0	0,063	0,48	67,0
0420	BJ94	1/3/4		-					0,970	3,80	7,8	0,045	125,0	43,0	20,0	6,7	0,069	0,51	50,0
0422	BJ94	1/3/5		-					0,750	2,10	5,4	0,021	158,0	65,0	26,0	26,0	0,041	0,51	67,0
0641	BJ94	7/3/2		-					1,100	4,10	8,7	0,027	92,0	35,0	21,0	13,0	0,058	0,23	91,0
0643	BJ94	7/3/3		-					1,600	6,90	7,5	0,042	103,0	26,0	13,0	16,0	0,190	0,39	57,0
0645	BJ94	7/3/4		-					2,100	9,40	7,2	0,030	153,0	35,0	15,0	26,0	0,210	0,39	85,0
0725	BJ94	8/6/3		-					7,400	25,00	27,0	0,130	129,0	67,0	13,0	67,0	0,130	0,54	185,0
0727	BJ94	8/6/4		-					2,800	9,70	19,0	0,110	132,0	42,0	6,2	33,0	0,032	0,48	108,0
0779	BJ94	9/5/3		-					0,400	8,70	19,0	0,072	87,0	41,0	14,0	28,0	0,021	0,42	120,0
0781	BJ94	9/5/4		-					0,320	8,80	20,0	0,075	98,0	40,0	12,0	29,0	0,024	0,45	115,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.4d: Statistik Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechsellagerungen (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,805	8,14	13,3	0,062	121,9	44,2	15,8	25,7	0,084	0,44	94,5
Median (Med.)	1,035	7,80	9,9	0,057	127,0	41,5	14,5	26,0	0,061	0,47	88,0
Minimum	0,320	2,10	5,4	0,021	87,0	26,0	6,2	6,7	0,021	0,23	50,0
Maximum	7,400	25,00	27,0	0,130	158,0	67,0	26,0	67,0	0,210	0,54	185,0
Anzahl (n)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Standardabwg.	2,117	6,58	7,4	0,036	25,6	12,9	5,6	16,9	0,069	0,09	40,1
Dispersion (Disp.)	0,600	2,80	3,6	0,023	25,0	6,5	3,0	8,5	0,033	0,05	24,0
25er Perzentil	0,645	3,88	7,6	0,033	99,3	36,3	13,0	13,8	0,034	0,40	67,0
75er Perzentil	1,975	9,25	19,0	0,074	139,5	46,8	19,5	28,8	0,115	0,50	113,3
90er Perzentil	3,260	11,23	20,7	0,112	153,5	65,2	21,5	36,4	0,192	0,51	126,5
97,5er Perzentil	6,365	21,56	25,4	0,126	156,9	66,6	24,9	59,4	0,206	0,53	170,4
99er Perzentil	6,986	23,62	26,4	0,128	157,6	66,8	25,6	63,9	0,208	0,54	179,2
Med. + 2*Disp.	2,235	13,40	17,0	0,102	177,0	54,5	20,5	43,0	0,126	0,56	136,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,183	6,27	11,7	0,062	121,9	44,2	15,8	21,1	0,070	0,46	84,4
Median (Med.)	0,970	6,90	8,7	0,057	127,0	41,5	14,5	26,0	0,058	0,48	85,0
Minimum	0,320	2,10	5,4	0,021	87,0	26,0	6,2	6,7	0,021	0,39	50,0
Maximum	2,800	9,70	20,0	0,130	158,0	67,0	26,0	33,0	0,190	0,54	120,0
Anzahl (n)	9	9	9	10	10	10	10	9	9	9	9
Standardabwg.	0,833	3,04	5,9	0,036	25,6	12,9	5,6	9,2	0,056	0,05	25,8
Dispersion (Disp.)	0,570	2,80	2,3	0,023	25,0	6,5	3,0	7,0	0,026	0,03	23,0
25er Perzentil	0,610	3,80	7,5	0,033	99,3	36,3	13,0	13,0	0,032	0,42	67,0
75er Perzentil	1,600	8,80	19,0	0,074	139,5	46,8	19,5	28,0	0,069	0,51	108,0
90er Perzentil	2,240	9,46	19,2	0,112	153,5	65,2	21,5	29,8	0,142	0,52	116,0
97,5er Perzentil	2,660	9,64	19,8	0,126	156,9	66,6	24,9	32,2	0,178	0,53	119,0
99er Perzentil	2,744	9,68	19,9	0,128	157,6	66,8	25,6	32,7	0,185	0,54	119,6
Med. + 2*Disp.	2,110	12,50	13,3	0,102	177,0	54,5	20,5	40,0	0,110	0,54	131,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.6a: Urdaten Diabas, Diabastuffe und -tuffite des Oberdevon (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0803	BJ94	10/3/2	17,0	-	-	5,7	14,3	18,4	9,500	25,00	6,3	0,090	225,0	130,0	37,0	49,0	0,094	0,23	97,0	
0805	BJ94	10/3/3	20,0	-	-	6,0	5,5	32,2	11,000	35,00	9,2	0,081	240,0	138,0	34,0	55,0	0,100	0,37	127,0	
0807	BJ94	10/3/4	27,0	-	-	6,2	13,5	29,6	40,000	99,00	7,5	0,110	276,0	162,0	50,0	113,0	0,320	0,34	133,0	
0824	BJ94	10/6/2	20,0	-	5,1	7,0	3,6	25,3	3,000	11,00	13,0	0,450	388,0	183,0	35,0	21,0	0,240	0,23	215,0	
0825	BJ94	10/6/3	15,0	-	-	7,3	17,1	22,7	3,100	5,20	7,6	0,100	430,0	171,0	62,0	14,0	0,054	0,23	204,0	
0845	BJ94	10/9/4	12,0	-	-	5,8	14,2	21,1	1,100	11,00	14,0	0,048	160,0	109,0	32,0	68,0	0,150	0,23	116,0	
0847	BJ94	10/9/5	33,0	-	-	5,6	15,4	27,1	6,500	53,00	34,0	0,140	140,0	127,0	37,0	74,0	1,600	1,60	116,0	

Anlage 1.1

Tabelle 8.6b: Statistik Diabas, Diabastuffe und -tuffite des Oberdevon (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	10,600	34,17	13,1	0,146	265,6	145,7	41,0	56,3	0,365	0,46	144,0
Median (Med.)	6,500	25,00	9,2	0,100	240,0	138,0	37,0	55,0	0,150	0,23	127,0
Minimum	1,100	5,20	6,3	0,048	140,0	109,0	32,0	14,0	0,054	0,23	97,0
Maximum	40,000	99,00	34,0	0,450	430,0	183,0	62,0	113,0	1,600	1,60	215,0
Anzahl (n)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Standardabwg.	13,459	33,05	9,7	0,137	109,0	26,8	11,0	33,6	0,552	0,51	46,2
Dispersion (Disp.)	3,500	14,00	2,9	0,019	80,0	24,0	3,0	19,0	0,090	0,00	11,0
25er Perzentil	3,050	11,00	7,6	0,086	192,5	128,5	34,5	35,0	0,097	0,23	116,0
75er Perzentil	10,250	44,00	13,5	0,125	332,0	166,5	43,5	71,0	0,280	0,36	168,5
90er Perzentil	22,600	71,40	22,0	0,264	404,8	175,8	54,8	89,6	0,832	0,86	208,4
97,5er Perzentil	35,650	92,10	31,0	0,404	423,7	181,2	60,2	107,2	1,408	1,42	213,4
99er Perzentil	38,260	96,24	32,8	0,431	427,5	182,3	61,3	110,7	1,523	1,53	214,3
Med. + 2*Disp.	13,500	53,00	15,0	0,138	400,0	186,0	43,0	93,0	0,330	0,23	149,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	5,700	23,37	9,6	0,095	265,6	145,7	35,0	56,3	0,160	0,23	117,8
Median (Med.)	4,800	18,00	8,4	0,095	240,0	138,0	35,0	55,0	0,125	0,23	116,0
Minimum	1,100	5,20	6,3	0,048	140,0	109,0	32,0	14,0	0,054	0,23	97,0
Maximum	11,000	53,00	14,0	0,140	430,0	183,0	37,0	113,0	0,320	0,23	133,0
Anzahl (n)	6	6	6	6	7	7	5	7	6	4	5
Standardabwg.	3,959	18,18	3,2	0,031	109,0	26,8	2,1	33,6	0,101	0,00	13,7
Dispersion (Disp.)	2,750	9,90	1,5	0,015	80,0	24,0	2,0	19,0	0,051	0,00	11,0
25er Perzentil	3,025	11,00	7,5	0,083	192,5	128,5	34,0	35,0	0,096	0,23	116,0
75er Perzentil	8,750	32,50	12,1	0,108	332,0	166,5	37,0	71,0	0,218	0,23	127,0
90er Perzentil	10,250	44,00	13,5	0,125	404,8	175,8	37,0	89,6	0,280	0,23	130,6
97,5er Perzentil	10,813	50,75	13,9	0,136	423,7	181,2	37,0	107,2	0,310	0,23	132,4
99er Perzentil	10,925	52,10	14,0	0,139	427,5	182,3	37,0	110,7	0,316	0,23	132,8
Med. + 2*Disp.	10,300	37,80	11,4	0,124	400,0	186,0	39,0	93,0	0,227	0,23	138,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.6c: Urdaten Diabas, Diabastuffe und -tuffite des Oberdevon (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0804	BJ94	10/3/2		-					4,500	21,00	9,0	0,075	368,0	201,0	43,0	51,0	0,032	0,23	163,0	
0806	BJ94	10/3/3		-					1,500	25,00	8,1	0,045	451,0	239,0	45,0	49,0	0,021	0,23	186,0	
0808	BJ94	10/3/4		-					38,000	28,00	4,0	0,048	330,0	164,0	37,0	48,0	0,076	0,23	212,0	
0826	BJ94	10/6/3		-					1,500	2,00	7,3	0,057	354,0	214,0	50,0	14,0	0,008	0,23	144,0	
0846	BJ94	10/9/4		-					1,000	6,60	4,6	0,024	228,0	146,0	46,0	57,0	0,058	0,23	179,0	
0848	BJ94	10/9/5		-					14,000	63,00	33,0	0,060	171,0	120,0	18,0	119,0	2,000	0,66	125,0	

(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)

Anlage 1.1

Tabelle 8.6d: Statistik Diabas, Diabastuffe und -tuffite des Oberdevon (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	10,083	24,27	11,0	0,052	317,0	180,7	39,8	56,3	0,366	0,30	168,2
Median (Med.)	3,000	23,00	7,7	0,053	342,0	182,5	44,0	50,0	0,045	0,23	171,0
Minimum	1,000	2,00	4,0	0,024	171,0	120,0	18,0	14,0	0,008	0,23	125,0
Maximum	38,000	63,00	33,0	0,075	451,0	239,0	50,0	119,0	2,000	0,66	212,0
Anzahl (n)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Standardabwg.	14,531	21,60	11,0	0,017	101,3	44,9	11,5	34,3	0,801	0,18	31,1
Dispersion (Disp.)	1,750	10,70	2,2	0,008	67,5	34,0	4,0	4,5	0,028	0,00	21,0
25er Perzentil	1,500	10,20	5,3	0,046	253,5	150,5	38,5	48,3	0,024	0,23	148,8
75er Perzentil	11,625	27,25	8,8	0,059	364,5	210,8	45,8	55,5	0,072	0,23	184,3
90er Perzentil	26,000	45,50	21,0	0,068	409,5	226,5	48,0	88,0	1,038	0,45	199,0
97,5er Perzentil	35,000	58,63	30,0	0,073	440,6	235,9	49,5	111,3	1,760	0,61	208,8
99er Perzentil	36,800	61,25	31,8	0,074	446,9	237,8	49,8	115,9	1,904	0,64	210,7
Med. + 2*Disp.	6,500	44,40	12,1	0,068	477,0	250,5	52,0	59,0	0,100	0,23	213,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,125	24,27	6,6	0,052	317,0	180,7	44,2	51,3	0,039	0,23	168,2
Median (Med.)	1,500	23,00	7,3	0,053	342,0	182,5	45,0	50,0	0,032	0,23	171,0
Minimum	1,000	2,00	4,0	0,024	171,0	120,0	37,0	48,0	0,008	0,23	125,0
Maximum	4,500	63,00	9,0	0,075	451,0	239,0	50,0	57,0	0,076	0,23	212,0
Anzahl (n)	4	6	5	6	6	6	5	4	5	5	6
Standardabwg.	1,601	21,60	2,2	0,017	101,3	44,9	4,8	4,0	0,028	0,00	31,1
Dispersion (Disp.)	0,250	10,70	1,7	0,008	67,5	34,0	2,0	1,5	0,024	0,00	21,0
25er Perzentil	1,375	10,20	4,6	0,046	253,5	150,5	43,0	48,8	0,021	0,23	148,8
75er Perzentil	2,250	27,25	8,1	0,059	364,5	210,8	46,0	52,5	0,058	0,23	184,3
90er Perzentil	3,600	45,50	8,6	0,068	409,5	226,5	48,4	55,2	0,069	0,23	199,0
97,5er Perzentil	4,275	58,63	8,9	0,073	440,6	235,9	49,6	56,6	0,074	0,23	208,8
99er Perzentil	4,410	61,25	9,0	0,074	446,9	237,8	49,8	56,8	0,075	0,23	210,7
Med. + 2*Disp.	2,000	44,40	10,7	0,068	477,0	250,5	49,0	53,0	0,080	0,23	213,0

Anlage 1.1

Tabelle 8.7.1a: Urdaten Kalksteine des Silur und Devon (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter							Schwermetallgehalte									
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0712	BJ94	8/4/3	9,0	15,4	-	7,2	n.b.	7,4	17,000	54,00	57,0	0,990	77,0	165,0	18,0	351,0	0,500	1,20	295,0
0829	BJ94	10/7/3	37,0	21,1	-	7,4	n.b.	18,2	1,200	21,00	11,0	0,160	72,0	45,0	24,0	94,0	0,023	0,72	140,0

(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)

Anlage 1.1

Tabelle 8.7.1b: Statistik Kalksteine des Silur und Devon (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	9,100	37,50	34,0	0,575	74,5	105,0	21,0	222,5	0,262	0,96	217,5
Median (Med.)	9,100	37,50	34,0	0,575	74,5	105,0	21,0	222,5	0,262	0,96	217,5
Minimum	1,200	21,00	11,0	0,160	72,0	45,0	18,0	94,0	0,023	0,72	140,0
Maximum	17,000	54,00	57,0	0,990	77,0	165,0	24,0	351,0	0,500	1,20	295,0
Anzahl (n)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Standardabwg.	11,172	23,33	32,5	0,587	3,5	84,9	4,2	181,7	0,337	0,34	109,6
Dispersion (Disp.)	7,900	16,50	23,0	0,415	2,5	60,0	3,0	128,5	0,239	0,24	77,5
25er Perzentil	5,150	29,25	22,5	0,368	73,3	75,0	19,5	158,3	0,142	0,84	178,8
75er Perzentil	13,050	45,75	45,5	0,783	75,8	135,0	22,5	286,8	0,381	1,08	256,3
90er Perzentil	15,420	50,70	52,4	0,907	76,5	153,0	23,4	325,3	0,452	1,15	279,5
97,5er Perzentil	16,605	53,18	55,9	0,969	76,9	162,0	23,9	344,6	0,488	1,19	291,1
99er Perzentil	16,842	53,67	56,5	0,982	77,0	163,8	23,9	348,4	0,495	1,20	293,5
Med. + 2*Disp.	24,900	70,50	80,0	1,405	79,5	225,0	27,0	479,5	0,739	1,44	372,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	9,100	37,50	34,0	0,575	74,5	105,0	21,0	222,5	0,262	0,96	217,5
Median (Med.)	9,100	37,50	34,0	0,575	74,5	105,0	21,0	222,5	0,262	0,96	217,5
Minimum	1,200	21,00	11,0	0,160	72,0	45,0	18,0	94,0	0,023	0,72	140,0
Maximum	17,000	54,00	57,0	0,990	77,0	165,0	24,0	351,0	0,500	1,20	295,0
Anzahl (n)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Standardabwg.	11,172	23,33	32,5	0,587	3,5	84,9	4,2	181,7	0,337	0,34	109,6
Dispersion (Disp.)	7,900	16,50	23,0	0,415	2,5	60,0	3,0	128,5	0,239	0,24	77,5
25er Perzentil	5,150	29,25	22,5	0,368	73,3	75,0	19,5	158,3	0,142	0,84	178,8
75er Perzentil	13,050	45,75	45,5	0,783	75,8	135,0	22,5	286,8	0,381	1,08	256,3
90er Perzentil	15,420	50,70	52,4	0,907	76,5	153,0	23,4	325,3	0,452	1,15	279,5
97,5er Perzentil	16,605	53,18	55,9	0,969	76,9	162,0	23,9	344,6	0,488	1,19	291,1
99er Perzentil	16,842	53,67	56,5	0,982	77,0	163,8	23,9	348,4	0,495	1,20	293,5
Med. + 2*Disp.	24,900	70,50	80,0	1,405	79,5	225,0	27,0	479,5	0,739	1,44	372,5

Anlage 1.1

Tabelle 8.7.1c: Urdaten Kalksteine des Silur und Devon (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0713	BJ94	8/4/3		55,3					2,100	6,90	13,0	0,230	38,0	33,0	5,0	36,0	0,060	0,45	39,0	
0830	BJ94	10/7/3		41,5					0,510	14,00	12,0	0,150	27,0	31,0	16,0	73,0	0,008	0,57	84,0	

(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)

Anlage 1.1

Tabelle 8.7.1d: Statistik Kalksteine des Silur und Devon (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,305	10,45	12,5	0,190	32,5	32,0	10,5	54,5	0,034	0,51	61,5
Median (Med.)	1,305	10,45	12,5	0,190	32,5	32,0	10,5	54,5	0,034	0,51	61,5
Minimum	0,510	6,90	12,0	0,150	27,0	31,0	5,0	36,0	0,008	0,45	39,0
Maximum	2,100	14,00	13,0	0,230	38,0	33,0	16,0	73,0	0,060	0,57	84,0
Anzahl (n)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Standardabwg.	1,124	5,02	0,7	0,057	7,8	1,4	7,8	26,2	0,037	0,08	31,8
Dispersion (Disp.)	0,795	3,55	0,5	0,040	5,5	1,0	5,5	18,5	0,026	0,06	22,5
25er Perzentil	0,908	8,68	12,3	0,170	29,8	31,5	7,8	45,3	0,021	0,48	50,3
75er Perzentil	1,703	12,23	12,8	0,210	35,3	32,5	13,3	63,8	0,047	0,54	72,8
90er Perzentil	1,941	13,29	12,9	0,222	36,9	32,8	14,9	69,3	0,055	0,56	79,5
97,5er Perzentil	2,060	13,82	13,0	0,228	37,7	33,0	15,7	72,1	0,059	0,57	82,9
99er Perzentil	2,084	13,93	13,0	0,229	37,9	33,0	15,9	72,6	0,059	0,57	83,6
Med. + 2*Disp.	2,895	17,55	13,5	0,270	43,5	34,0	21,5	91,5	0,086	0,63	106,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,305	10,45	12,5	0,190	32,5	32,0	10,5	54,5	0,034	0,51	61,5
Median (Med.)	1,305	10,45	12,5	0,190	32,5	32,0	10,5	54,5	0,034	0,51	61,5
Minimum	0,510	6,90	12,0	0,150	27,0	31,0	5,0	36,0	0,008	0,45	39,0
Maximum	2,100	14,00	13,0	0,230	38,0	33,0	16,0	73,0	0,060	0,57	84,0
Anzahl (n)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Standardabwg.	1,124	5,02	0,7	0,057	7,8	1,4	7,8	26,2	0,037	0,08	31,8
Dispersion (Disp.)	0,795	3,55	0,5	0,040	5,5	1,0	5,5	18,5	0,026	0,06	22,5
25er Perzentil	0,908	8,68	12,3	0,170	29,8	31,5	7,8	45,3	0,021	0,48	50,3
75er Perzentil	1,703	12,23	12,8	0,210	35,3	32,5	13,3	63,8	0,047	0,54	72,8
90er Perzentil	1,941	13,29	12,9	0,222	36,9	32,8	14,9	69,3	0,055	0,56	79,5
97,5er Perzentil	2,060	13,82	13,0	0,228	37,7	33,0	15,7	72,1	0,059	0,57	82,9
99er Perzentil	2,084	13,93	13,0	0,229	37,9	33,0	15,9	72,6	0,059	0,57	83,6
Med. + 2*Disp.	2,895	17,55	13,5	0,270	43,5	34,0	21,5	91,5	0,086	0,63	106,5

Anlage 1.1

Tabelle 9.1a: Urdaten Basalte der Rhön (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
1049	BJ95	13/1/4	4,0			5,2	11,1	30,5	0,120	1,20	1,5	0,120	358,0	175,0	64,0	65,0	0,027	0,23	84,0	
1051	BJ95	13/1/5	7,0			5,2	10,1	34,2	0,075	0,94	1,5	0,160	281,0	185,0	56,0	59,0	0,010	0,23	74,0	

Anlage 1.1

Tabelle 9.1b: Statistik Basalte der Rhön (Substrat, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte	Schwermetallgehalte										
Urdaten	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,098	1,07	1,5	0,140	319,5	180,0	60,0	62,0	0,019	0,23	79,0
Median (Med.)	0,098	1,07	1,5	0,140	319,5	180,0	60,0	62,0	0,019	0,23	79,0
Minimum	0,075	0,94	1,5	0,120	281,0	175,0	56,0	59,0	0,010	0,23	74,0
Maximum	0,120	1,20	1,5	0,160	358,0	185,0	64,0	65,0	0,027	0,23	84,0
Anzahl (n)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Standardabwg.	0,032	0,18	0,0	0,028	54,4	7,1	5,7	4,2	0,012	0,00	7,1
Dispersion (Disp.)	0,023	0,13	0,0	0,020	38,5	5,0	4,0	3,0	0,009	0,00	5,0
25er Perzentil	0,086	1,01	1,5	0,130	300,3	177,5	58,0	60,5	0,014	0,23	76,5
75er Perzentil	0,109	1,14	1,5	0,150	338,8	182,5	62,0	63,5	0,023	0,23	81,5
90er Perzentil	0,116	1,17	1,5	0,156	350,3	184,0	63,2	64,4	0,025	0,23	83,0
97,5er Perzentil	0,119	1,19	1,5	0,159	356,1	184,8	63,8	64,9	0,027	0,23	83,8
99er Perzentil	0,120	1,20	1,5	0,160	357,2	184,9	63,9	64,9	0,027	0,23	83,9
Med. + 2*Disp.	0,143	1,33	1,5	0,180	396,5	190,0	68,0	68,0	0,036	0,23	89,0

Kennwerte	Schwermetallgehalte										
ohne Ausreißer	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,098	1,07	1,5	0,140	319,5	180,0	60,0	62,0	0,019	0,23	79,0
Median (Med.)	0,098	1,07	1,5	0,140	319,5	180,0	60,0	62,0	0,019	0,23	79,0
Minimum	0,075	0,94	1,5	0,120	281,0	175,0	56,0	59,0	0,010	0,23	74,0
Maximum	0,120	1,20	1,5	0,160	358,0	185,0	64,0	65,0	0,027	0,23	84,0
Anzahl (n)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Standardabwg.	0,032	0,18	0,0	0,028	54,4	7,1	5,7	4,2	0,012	0,00	7,1
Dispersion (Disp.)	0,023	0,13	0,0	0,020	38,5	5,0	4,0	3,0	0,009	0,00	5,0
25er Perzentil	0,086	1,01	1,5	0,130	300,3	177,5	58,0	60,5	0,014	0,23	76,5
75er Perzentil	0,109	1,14	1,5	0,150	338,8	182,5	62,0	63,5	0,023	0,23	81,5
90er Perzentil	0,116	1,17	1,5	0,156	350,3	184,0	63,2	64,4	0,025	0,23	83,0
97,5er Perzentil	0,119	1,19	1,5	0,159	356,1	184,8	63,8	64,9	0,027	0,23	83,8
99er Perzentil	0,120	1,20	1,5	0,160	357,2	184,9	63,9	64,9	0,027	0,23	83,9
Med. + 2*Disp.	0,143	1,33	1,5	0,180	396,5	190,0	68,0	68,0	0,036	0,23	89,0

Anlage 1.1

Tabelle 9.1c: Urdaten Basalte der Rhön (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
1044	BJ95	12/1/5							0,190	0,59	1,5	0,081	219,0	113,0	41,0	41,0	0,008	0,23	122,0	
1050	BJ95	13/1/4							0,130	0,58	1,5	0,094	478,0	301,0	44,0	58,0	0,008	0,23	73,0	
1052	BJ95	13/1/5							0,140	0,40	1,5	0,074	431,0	312,0	44,0	55,0	0,008	0,23	72,0	

Anlage 1.1

Tabelle 9.1d: Statistik Basalte der Rhön (Substrat, Fraktion > 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,153	0,52	1,5	0,083	376,0	242,0	43,0	51,3	0,008	0,23	89,0
Median (Med.)	0,140	0,58	1,5	0,081	431,0	301,0	44,0	55,0	0,008	0,23	73,0
Minimum	0,130	0,40	1,5	0,074	219,0	113,0	41,0	41,0	0,008	0,23	72,0
Maximum	0,190	0,59	1,5	0,094	478,0	312,0	44,0	58,0	0,008	0,23	122,0
Anzahl (n)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Standardabwg.	0,032	0,11	0,0	0,010	138,0	111,9	1,7	9,1	0,000	0,00	28,6
Dispersion (Disp.)	0,010	0,01	0,0	0,007	47,0	11,0	0,0	3,0	0,000	0,00	1,0
25er Perzentil	0,135	0,49	1,5	0,078	325,0	207,0	42,5	48,0	0,008	0,23	72,5
75er Perzentil	0,165	0,59	1,5	0,088	454,5	306,5	44,0	56,5	0,008	0,23	97,5
90er Perzentil	0,180	0,59	1,5	0,091	468,6	309,8	44,0	57,4	0,008	0,23	112,2
97,5er Perzentil	0,188	0,59	1,5	0,093	475,7	311,5	44,0	57,9	0,008	0,23	119,6
99er Perzentil	0,189	0,59	1,5	0,094	477,1	311,8	44,0	57,9	0,008	0,23	121,0
Med. + 2*Disp.	0,160	0,60	1,5	0,095	525,0	323,0	44,0	61,0	0,008	0,23	75,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,135	0,59	1,5	0,083	454,5	306,5	44,0	56,5	0,008	0,23	72,5
Median (Med.)	0,135	0,59	1,5	0,081	454,5	306,5	44,0	56,5	0,008	0,23	72,5
Minimum	0,130	0,58	1,5	0,074	431,0	301,0	44,0	55,0	0,008	0,23	72,0
Maximum	0,140	0,59	1,5	0,094	478,0	312,0	44,0	58,0	0,008	0,23	73,0
Anzahl (n)	2	2	3	3	2	2	2	2	3	3	2
Standardabwg.	0,007	0,01	0,0	0,010	33,2	7,8	0,0	2,1	0,000	0,00	0,7
Dispersion (Disp.)	0,005	0,01	0,0	0,007	23,5	5,5	0,0	1,5	0,000	0,00	0,5
25er Perzentil	0,133	0,58	1,5	0,078	442,8	303,8	44,0	55,8	0,008	0,23	72,3
75er Perzentil	0,138	0,59	1,5	0,088	466,3	309,3	44,0	57,3	0,008	0,23	72,8
90er Perzentil	0,139	0,59	1,5	0,091	473,3	310,9	44,0	57,7	0,008	0,23	72,9
97,5er Perzentil	0,140	0,59	1,5	0,093	476,8	311,7	44,0	57,9	0,008	0,23	73,0
99er Perzentil	0,140	0,59	1,5	0,094	477,5	311,9	44,0	58,0	0,008	0,23	73,0
Med. + 2*Disp.	0,145	0,60	1,5	0,095	501,5	317,5	44,0	59,5	0,008	0,23	73,5

Anlage 1.2: Analysenergebnisse und statistische Parameter der unter geologisch-lithologischen Gesichtspunkten gruppierten Oberböden

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1a: Urdaten Löß und Lößderivate (Oberboden)
- Tabelle 1b: Statistik Löß und Lößderivate (Oberboden, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 2a: Urdaten Tonsteine, Tone, Mergel des Keuper (einschl. Kolluvien und Schutt) (Oberboden)
- Tabelle 2b: Statistik Tonsteine, Tone, Mergel des Keuper (einschl. Kolluvien und Schutt) (Oberboden, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 3a: Urdaten Kalksteine des Keuper (Oberboden)
- Tabelle 3b: Statistik Kalksteine des Keuper (Oberboden, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 4a: Urdaten Sandsteine des Keuper (Oberboden)
- Tabelle 4b: Statistik Sandsteine des Keuper (Oberboden, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 5a: Urdaten Mergel des Keuper (Oberboden)
- Tabelle 5b: Statistik Mergel des Keuper (Oberboden, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 6a: Urdaten Gipse des Keuper, Ob. Buntsandstein und Zechstein (Oberboden)
- Tabelle 6b: Statistik Gipse des Keuper, Ob. Buntsandstein und Zechstein (Oberboden, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 7a: Urdaten Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des Ob. Muschelkalk (Oberboden)
- Tabelle 7b: Statistik Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des Ob. Muschelkalk (Oberboden, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 8a: Urdaten Kalksteine, Mergelsteine und Dolomite des Mittl. Muschelkalk (Oberboden)
- Tabelle 8b: Statistik Kalksteine, Mergelsteine und Dolomite des Mittl. Muschelkalk (Oberboden, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 9a: Urdaten Kalksteine des Unt. Muschelkalk (Oberboden)
- Tabelle 9b: Statistik Kalksteine des Unt. Muschelkalk (Oberboden, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 10a: Urdaten Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des Ob. Buntsandstein (Oberboden)
- Tabelle 10b: Statistik Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des Ob. Buntsandstein (Oberboden, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 11a: Urdaten Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Unt. und Mittl. Buntsandstein (Oberboden)
- Tabelle 11b: Statistik Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Unt. und Mittl. Buntsandstein (Oberboden, Fraktion < 2 mm)
- Tabelle 12a: Urdaten Tonsteine, Mergel und tonige Fließerden des Zechstein (Oberboden)

Tabelle 12b: Statistik Tonsteine, Mergel und tonige Fließerden des Zechstein (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 13a: Urdaten Kalksteine und Dolomite des Zechstein (Oberboden)

Tabelle 13b: Statistik Kalksteine und Dolomite des Zechstein (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 14a: Urdaten Sand-, Ton- und Schluffsteine des Rotliegenden (Oberboden)

Tabelle 14b: Statistik Sand-, Ton- und Schluffsteine des Rotliegenden (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 15a: Urdaten Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe des Rotliegenden (Oberboden)

Tabelle 15b: Statistik Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe des Rotliegenden (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 16a: Urdaten Granit (Oberboden)

Tabelle 16b: Statistik Granit (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 17a: Urdaten Gneise, phyllitische Tonschiefer, kontaktmetamorphe Tonschiefer (Oberboden)

Tabelle 17b: Statistik Gneise, phyllitische Tonschiefer, kontaktmetamorphe Tonschiefer (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 18a: Urdaten Tonschiefer (Oberboden)

Tabelle 18b: Statistik Tonschiefer (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 19a: Urdaten Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechselfolgen (Oberboden)

Tabelle 19b: Statistik Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechselfolgen (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 20a: Urdaten Quarzite des Thüringer Schiefergebirges (Oberboden)

Tabelle 20b: Statistik Quarzite des Thüringer Schiefergebirges (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 21a: Urdaten Diabase, Diabastuffe (Oberboden)

Tabelle 21b: Statistik Diabase, Diabastuffe (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 22a: Urdaten Kalksteine des Silur und Devon (Oberboden)

Tabelle 22b: Statistik Kalksteine des Silur und Devon (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 23a: Urdaten Kieselschiefer (Oberboden)

Tabelle 23b: Statistik Kieselschiefer (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Tabelle 24a: Urdaten Basalte der Rhön (Oberboden)

Tabelle 24b: Statistik Basalte der Rhön (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Anlage 1.2

Tabelle 1a: Urdaten Löß und Lößderivate (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0102	BJ93	5/3/1	31,0	2,1	6,9	6,7	3,8	28,9	0,700	8,00	48,0	0,140	67,0	42,0	12,0	18,0	0,064	0,23	93,0	
0115	BJ93	6/2/1	39,0	1,3	2,8	6,9	3,5	25,3	0,490	6,70	29,0	0,090	81,0	53,0	14,0	24,0	0,073	0,49	90,0	
0122	BJ93	6/3/1	35,0	0,6	8,6	5,9	16,3	32,2	0,420	5,90	78,0	0,220	58,0	39,0	12,0	22,0	0,131	0,52	117,0	
0123	BJ93	6/3/2	33,0	0,6	0,0	5,4	14,8	25,3	0,600	7,70	63,0	0,160	60,0	40,0	12,0	19,0	0,117	0,54	110,0	
0146	BJ93	7/4/1	28,0	2,4	2,1	6,3	2,5	21,0	0,370	6,00	31,0	0,100	61,0	41,0	12,0	19,0	0,073	0,34	88,0	
0377	BJ93	16/3/1	19,0	2,3	3,4	6,9	3,1	16,4	0,380	7,40	33,0	0,420	58,0	40,0	14,0	20,0	0,008	0,50	152,0	
0447	BJ94	2/5/2	17,0	0,7	6,1	6,2	n.b.	24,5	0,640	9,50	50,0	0,660	50,0	25,0	15,0	19,0	0,120	0,80	114,0	
0457	BJ94	2/6/1	14,0	-	6,2	7,3	n.b.	12,9	0,470	6,70	33,0	0,230	36,0	16,0	11,0	15,0	0,070	0,30	73,0	
0458	BJ94	2/6/2	21,0	-	0,6	7,1	n.b.	12,6	0,270	8,30	20,0	0,110	45,0	20,0	11,0	14,0	0,035	0,40	53,0	
0464	BJ94	3/1/2	17,0	-	4,2	3,7	11,6	16,6	0,390	6,70	55,0	0,150	35,0	13,0	9,1	12,0	0,100	0,45	53,0	
0465	BJ94	3/1/3	17,0	-	1,9	3,8	12,2	12,9	0,300	6,40	55,0	0,140	39,0	16,0	9,5	9,6	0,075	0,38	49,0	
0466	BJ94	3/1/4	21,0	-	-	4,0	5,6	11,5	0,170	5,50	34,0	0,120	36,0	16,0	13,0	7,7	0,045	0,40	40,0	
0471	BJ94	3/2/1	18,0	-	3,5	7,2	2,7	14,1	0,190	5,80	26,0	0,200	36,0	17,0	11,0	20,0	0,080	0,36	51,0	
0472	BJ94	3/2/2	18,0	-	3,3	7,2	n.b.	14,8	0,310	6,80	26,0	0,170	38,0	17,0	12,0	12,0	0,080	0,35	50,0	
0473	BJ94	3/2/3	29,0	-	-	7,1	n.b.	13,0	0,360	6,90	21,0	0,095	41,0	19,0	14,0	11,0	0,040	0,39	46,0	
0479	BJ94	3/3/1	20,0	-	3,5	7,4	13,5	23,3	0,330	9,80	25,0	0,290	48,0	25,0	14,0	20,0	0,090	0,23	83,0	
0480	BJ94	3/3/2	18,0	-	4,4	7,4	6,7	23,5	0,330	8,90	25,0	0,250	47,0	24,0	13,0	21,0	0,080	0,48	76,0	
0488	BJ94	4/2/1	17,0	-	4,4	7,0	n.b.	19,3	0,280	7,40	27,0	0,240	45,0	24,0	14,0	20,0	0,008	0,39	72,0	
0489	BJ94	4/2/2	27,0	-	3,9	7,0	n.b.	23,2	0,290	5,90	20,0	0,130	48,0	26,0	13,0	18,0	0,008	0,51	59,0	
0493	BJ94	4/3/1	23,0	-	4,4	7,2	n.b.	25,5	0,420	9,20	30,0	0,250	68,0	35,0	16,0	27,0	0,076	0,59	85,0	
0503	BJ94	4/4/1	5,0	-	3,2	6,4	n.b.	9,9	0,250	4,50	26,0	0,150	30,0	14,0	11,0	6,4	0,060	0,23	49,0	
0504	BJ94	4/4/2	6,0	-	2,4	6,7	n.b.	8,1	0,340	4,10	24,0	0,140	32,0	13,0	9,8	11,0	0,060	0,23	45,0	
0535	BJ94	5/4/1	17,0	-	3,2	5,6	0,7	13,6	0,300	5,40	25,0	0,190	39,0	17,0	11,0	10,0	0,084	0,34	51,0	
0618	BJ94	6/11/1	24,0	-	2,7	6,6	5,2	17,9	0,450	5,70	24,0	0,140	60,0	25,0	15,0	16,0	0,066	0,46	76,0	
0619	BJ94	6/11/2	24,0	-	2,9	6,7	n.b.	18,0	0,270	6,70	24,0	0,150	56,0	24,0	14,0	17,0	0,071	0,49	59,0	
0881	BJ94	11/4/1	11,0	-	6,7	6,5	3,4	14,4	1,600	6,20	32,0	0,250	75,0	36,0	13,0	28,0	0,180	0,39	139,0	
0887	BJ94	12/1/1	8,0	-	4,8	6,2	n.b.	10,5	0,790	7,20	28,0	0,120	33,0	15,0	12,0	14,0	0,081	0,30	64,0	
0889	BJ94	12/1/2	8,0	-	4,7	6,3	n.b.	10,7	0,960	6,80	26,0	0,120	34,0	15,0	11,0	13,0	0,088	0,30	59,0	
0894	BJ94	12/2/1	17,0	-	5,0	5,4	3,5	14,4	1,100	7,70	31,0	0,370	45,0	18,0	12,0	18,0	0,099	0,36	87,0	
0899	BJ94	12/3/1	16,0	-	4,2	6,8	n.b.	13,6	0,630	7,50	29,0	0,270	52,0	20,0	13,0	22,0	0,077	0,33	79,0	
0905	BJ94	12/4/1	15,0	-	4,1	7,0	8,2	14,7	0,350	7,20	32,0	0,250	41,0	16,0	12,0	16,0	0,092	0,33	73,0	
0906	BJ94	12/4/2	18,0	-	2,4	6,9	8,6	11,0	0,330	3,90	20,0	0,069	46,0	27,0	12,0	13,0	0,038	0,33	52,0	
0912	BJ95	1/1/2	9,0		7,4	3,7	15,0	24,4	0,940	5,90	56,0	0,230	32,0	11,0	6,1	12,0	0,130	0,43	40,0	

Anlage 1.2

Tabelle 1a: Urdaten Löß und Lößderivate (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0969	BJ95	6/1/1	8,0		2,5	5,7	2,7	13,1	0,370	4,70	27,0	0,160	20,0	9,0	6,2	9,3	0,059	0,23	48,0	
1008	BJ95	9/1/1	12,0		2,9	5,5	4,2	13,7	0,440	7,10	25,0	0,180	41,0	15,0	7,8	14,0	0,064	0,23	41,0	
1010	BJ95	9/1/3	16,0		1,2	5,6	3,6	16,4	0,350	7,20	18,0	0,100	52,0	27,0	12,0	22,0	0,033	0,35	46,0	
1177	BJ95	29/1/3	24,0		2,3	4,0	9,4	5,9	0,980	6,40	111,0	0,044	48,0	19,0	8,1	19,0	0,130	0,34	79,0	
1270	RM	33	9,3	0,9	2,1	7,2			0,400	0,89	24,0	0,200	26,0	14,0	4,5	12,0	0,078	0,35	51,0	
1274	RM	40	19,6	2,3	2,2	6,6			0,300	6,80	35,0	0,260	35,0	16,0	8,2	17,0	0,093	0,36	59,0	
1275	RM	41	23,4	0,9	1	6,5			0,210	6,70	24,0	0,160	38,0	19,0	11,0	14,0	0,008	0,35	52,0	
1277	RM	73	17,0	3,8	3,4	7,4			0,220	8,70	20,0	0,180	43,0	26,0	27,0	19,0	0,078	0,35	48,0	
1284	RM	80	11,9	1,4	1,9	6,4			0,100	6,10	25,0	0,200	33,0	16,0	11,0	11,0	0,055	0,34	51,0	
1290	RM	86	8,9	0,4	2,2	6,2			0,390	10,00	25,0	0,220	35,0	27,0	8,6	12,0	0,085	0,55	51,0	
1293	RM	93	21,0	0,2	2,4	6,7			0,034	8,20	25,0	0,220	37,0	15,0	7,8	11,0	0,074	0,46	49,0	
1298	RM	102	17,4	0,5	2,1	6,3			0,510	1,50	23,0	0,170	41,0	17,0	7,6	17,0	0,085	0,40	46,0	
1301	RM	105	16,8	1,0	2,6	6,6			0,570	7,80	30,0	0,220	43,0	60,0	7,9	22,0	0,170	0,35	55,0	
1306	RM	110	14,9	0,5	2,6	5,9			0,340	1,30	23,0	0,140	31,0	11,0	1,5	9,2	0,074	0,38	34,0	
1311	RM	115	23,5	1,4	4	5,4			0,470	8,50	26,0	0,170	40,0	18,0	6,0	17,0	0,074	0,40	44,0	
1312	RM	116	20,3	0,5	1,2	5,8			0,470	8,30	18,0	0,096	44,0	20,0	10,0	13,0	0,033	0,45	39,0	
1314	RM	59	18,8	0,9	3,6	6,9			0,320	8,20	22,0	0,180	47,0	23,0	8,6	16,0	0,089	0,39	47,0	
1315	RM	60	19,2	0,5	0,9	6,9			0,340	8,10	15,0	0,072	51,0	22,0	6,9	14,0	0,022	0,42	37,0	
1318	RM	63	11,2	8,5	3,4	7,4			0,034	1,10	23,0	0,210	52,0	28,0	9,7	18,0	0,093	0,40	50,0	
1319	RM	64	20,4	14,7	1,2	7,6			0,240	7,10	17,0	0,096	41,0	25,0	8,3	14,0	0,041	0,33	42,0	
1336	RM	143	26,0	43,2	3,4	6,9			1,500	2,70	47,0	0,590	18,0	15,0	5,1	19,0	0,081	0,44	171,0	
1338	RM	145	26,1	0,5	2,9	5,8			0,750	11,00	36,0	0,240	60,0	24,0	14,0	18,0	0,150	0,47	74,0	
1339	RM	146	21,4	1,1	0,7	5,8			0,920	7,90	34,0	0,260	59,0	24,0	13,0	18,0	0,160	0,48	76,0	
1341	RM	148	23,2	0,6	1,5	6,3			1,100	7,30	26,0	0,250	62,0	27,0	13,0	19,0	0,180	0,49	74,0	
1343	RM	150	36,5	0,8	5,3	6,2			1,000	13,00	27,0	0,290	85,0	30,0	19,0	18,0	0,180	0,64	122,0	
1344	RM	151	39,5	0,9	2,6	5,9			1,000	21,00	24,0	0,210	86,0	35,0	26,0	20,0	0,220	0,52	89,0	
1346	RM	153	37,7	6,4	2,6	6,7			0,480	9,80	33,0	0,240	49,0	23,0	11,0	16,0	0,085	0,48	67,0	
1349	RM	156	40,9	4,5	2,4	7,0			0,480	8,80	29,0	0,190	52,0	26,0	12,0	17,0	0,089	0,55	65,0	
1363	RM	176		0,6	1,5	8,4			0,700	9,00	35,0	0,240	61,0	25,0	15,0	22,0	0,130	0,50	101,0	
1366	RM	179		1,5	4,1	5,1			0,860	13,00	34,0	0,220	80,0	29,0	12,0	21,0	0,074	0,46	75,0	
1373	RM	189		1,6	2,2	6,3			0,590	8,80	28,0	0,190	45,0	21,0	8,1	18,0	0,033	0,37	53,0	
1374	RM	190		0,9	0,8	6,6			0,490	8,10	19,0	0,120	50,0	22,0	7,9	16,0	0,018	0,44	45,0	
1375	RM	193		0,5	2,2	6,4			0,600	7,80	27,0	0,200	40,0	20,0	8,6	16,0	0,063	0,31	54,0	

Anlage 1.2

Tabelle 1a: Urdaten Löß und Lößderivate (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter					Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
1383	RM	206		1,3	3,4	5,5			0,540	7,90	23,0	0,200	50,0	26,0	16,0	14,0	0,052	0,49	71,0
1384	RM	207		0,8	2,4	5,1			0,034	9,20	20,0	0,190	50,0	22,0	13,0	12,0	0,089	0,54	61,0
1392	Z	8	17,7	0,5	1,9	7,1			0,610	8,00	31,0	0,190	39,0	16,0	8,5	21,0	0,081	0,23	46,0
1393	Z	9	11,3	0,1	7,0	3,3			1,100	7,80	65,0	0,099	34,0	12,0	4,1	11,0	0,120	0,23	36,0
1394	Z	10	11,8	0,1	12,7	3,7			0,630	6,00	41,0	0,140	32,0	11,0	6,8	15,0	0,120	0,23	41,0
1395	Z	11	27,0	1,0	3,2	7,2			1,200	6,00	25,0	0,240	44,0	26,0	8,2	20,0	0,074	0,23	59,0
1396	Z	12	21,9	0,8	2,1	6,6			0,390	6,80	25,0	0,200	46,0	24,0	9,1	21,0	0,053	0,23	50,0
1397	Z	13	18,9	2,0	5,6	7,3			2,900	9,90	48,0	0,240	48,0	27,0	10,0	33,0	0,065	0,42	77,0
1398	Z	14	30,0	0,5	3,2	6,3			0,560	10,00	26,0	0,330	68,0	43,0	13,0	29,0	0,063	0,23	68,0
1399	Z	15	10,1	0,1	13,9	3,7			1,700	13,00	118,0	0,430	29,0	13,0	7,2	17,0	0,440	0,23	68,0
1400	Z	16	11,2	0,5		6,6			0,590	9,10	31,0	0,180	41,0	16,0	9,6	15,0	0,059	0,23	51,0
1401	Z	17	13,2	0,4		4,7			0,430	5,20	27,0	0,140	31,0	14,0	5,0	10,0	0,059	0,54	39,0
1402	Z	18	14,4	1,0		6,5			1,500	19,00	32,0	0,200	42,0	19,0	11,0	18,0	0,072	0,23	58,0
1403	Z	19	12,2	0,6		6,9			0,990	12,00	37,0	0,270	39,0	16,0	11,0	16,0	0,084	0,23	69,0
1404	Z	20	22,2	0,9	1,1	6,6			1,300	7,80	30,0	0,130	52,0	23,0	8,0	21,0	0,093	0,23	43,0
1405	Z	21	10,8	0,1		2,8			1,100	10,00	45,0	0,093	29,0	6,8	1,5	27,0	0,120	0,30	37,0
1406	Z	22	3,8	0,4		6,0			0,400	2,80	33,0	0,200	16,0	7,2	1,5	9,4	0,058	0,23	54,0
1407	Z	23	8,9	0,1		4,7			1,100	9,30	27,0	0,220	42,0	13,0	3,4	20,0	0,120	0,42	69,0
1408	Z	24	11,0	0,4	0,8	4,1			1,200	13,00	78,0	0,270	33,0	13,0	9,0	15,0	0,240	0,30	78,0
1437	Z	55	11,9	0,1	7,6	3,7			0,910	6,00	63,0	0,099	35,0	10,0	1,5	10,0	0,120	0,23	29,0
1439	Z	57	27,8	4,7	3,0	7,3			0,430	12,00	24,0	0,260	75,0	58,0	21,0	28,0	0,066	0,23	68,0
1597	BDF	BDF-K2		0,5	4,5	4,8	15,2	19,1	1,000	8,40	34,0	0,140	25,0	22,0	7,9	21,0	0,110	1,40	217,0
1599	BDF	BDF-K3		0,8	2,8	5,0	14,4	21,9	1,000	8,50	32,0	0,130	24,0	21,0	7,0	22,0	0,100	0,56	222,0

Anlage 1.2

Tabelle 1b: Statistik Löß und Lößderivate (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,620	7,70	33,4	0,199	45,4	22,5	10,6	17,0	0,088	0,39	68,2
Median (Med.)	0,470	7,50	27,0	0,190	43,0	21,0	11,0	17,0	0,078	0,38	59,0
Minimum	0,034	0,89	15,0	0,044	16,0	6,8	1,5	6,4	0,008	0,23	29,0
Maximum	2,900	21,00	118,0	0,660	86,0	60,0	27,0	33,0	0,440	1,40	222,0
Anzahl (n)	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
Standardabwg.	0,443	3,10	17,7	0,097	14,5	10,3	4,4	5,1	0,058	0,16	34,6
Dispersion (Disp.)	0,170	1,40	4,0	0,050	8,0	5,0	2,5	3,0	0,019	0,08	14,0
25er Perzentil	0,340	6,10	24,0	0,140	35,0	16,0	8,0	13,0	0,060	0,30	48,0
75er Perzentil	0,910	8,80	34,0	0,240	52,0	26,0	13,0	20,0	0,100	0,47	76,0
90er Perzentil	1,100	10,20	55,0	0,270	63,0	36,6	14,2	22,0	0,135	0,54	102,8
97,5er Perzentil	1,580	13,00	78,0	0,428	80,8	51,0	20,6	28,0	0,212	0,63	167,2
99er Perzentil	1,844	19,24	111,8	0,598	85,1	58,2	26,1	29,5	0,264	0,87	217,6
Med. + 2*Disp.	0,810	10,30	35,0	0,290	59,0	31,0	16,0	23,0	0,116	0,54	87,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,522	7,71	27,0	0,184	43,6	20,8	10,2	16,8	0,075	0,38	60,2
Median (Med.)	0,440	7,70	26,0	0,190	42,0	20,0	11,0	17,0	0,075	0,37	54,0
Minimum	0,034	2,70	15,0	0,044	16,0	6,8	1,5	6,4	0,008	0,23	29,0
Maximum	1,100	13,00	41,0	0,370	75,0	41,0	21,0	29,0	0,150	0,64	114,0
Anzahl (n)	81	83	74	85	85	84	87	88	81	87	82
Standardabwg.	0,285	2,13	5,2	0,064	12,2	7,5	3,7	4,8	0,031	0,11	18,0
Dispersion (Disp.)	0,150	1,20	3,0	0,050	8,0	5,0	2,4	3,0	0,016	0,09	12,5
25er Perzentil	0,330	6,40	24,0	0,140	35,0	15,8	8,0	13,0	0,059	0,30	47,3
75er Perzentil	0,640	8,80	31,0	0,230	50,0	25,0	13,0	20,0	0,090	0,46	73,0
90er Perzentil	1,000	10,00	34,0	0,260	60,0	28,7	14,0	22,0	0,120	0,52	84,8
97,5er Perzentil	1,100	13,00	36,2	0,290	68,0	39,9	16,0	27,8	0,130	0,56	100,8
99er Perzentil	1,100	13,00	38,1	0,336	75,0	40,2	19,3	28,1	0,135	0,60	110,8
Med. + 2*Disp.	0,740	10,10	32,0	0,290	58,0	30,0	15,8	23,0	0,107	0,55	79,0

Anlage 1.2

Tabelle 2a: Urdaten Tonsteine, Tone, Mergel des Keuper (einschl. Kolluvien und Schutt) (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0001	BJ93	1/1/1	51,0	2,7	3,6	6,9	1,9	39,0	0,550	19,00	42,0	0,220	71,0	43,0	17,0	42,0	0,087	1,20	111,0	
0002	BJ93	1/1/2	62,0	0,9	3,3	6,9	2,4	41,3	0,490	28,00	46,0	0,075	69,0	39,0	16,0	23,0	0,051	2,10	82,0	
0006	BJ93	1/2/1	48,0	11,1	4,0	7,1	0,7	33,4	0,330	7,40	24,0	0,100	76,0	50,0	18,0	43,0	0,093	0,47	115,0	
0013	BJ93	1/3/1	45,0	22,3	2,2	7,2	2,3	30,6	0,380	9,20	26,0	0,084	57,0	36,0	16,0	58,0	0,028	2,60	81,0	
0019	BJ93	1/4/1	51,0	24,0	4,0	7,2	1,1	29,5	0,340	7,60	31,0	0,220	58,0	36,0	14,0	37,0	0,087	0,82	84,0	
0045	BJ93	3/2/2	38,0	1,3	2,1	6,5	n.n.	29,9	0,500	7,80	17,0	0,039	82,0	58,0	11,0	14,0	0,020	0,41	70,0	
0300	BJ93	13/5/1	20,0	26,5	4,0	6,6	n.n.	24,1	0,520	4,50	34,0	0,370	52,0	32,0	9,4	21,0	0,008	0,23	85,0	
0308	BJ93	14/1/1	43,0	7,9	4,1	6,9	0,4	22,6	0,570	4,60	32,0	0,350	53,0	43,0	10,0	28,0	0,095	0,45	104,0	
0310	BJ93	14/1/2	28,0	1,7	3,3	6,9	0,4	23,2	0,063	7,10	18,0	0,160	67,0	44,0	12,0	28,0	0,021	0,39	115,0	
0314	BJ93	14/2/1	25,0	3,9	2,1	6,9	1,1	19,6	0,320	6,90	31,0	0,340	62,0	51,0	13,0	30,0	0,082	0,23	134,0	
0319	BJ93	14/3/1	49,0	1,0	3,3	6,9	1,4	27,5	0,520	5,20	24,0	0,220	68,0	46,0	12,0	25,0	0,076	0,46	95,0	
0321	BJ93	14/3/2	19,0	14,2		6,9	0,4	24,1	0,290	3,80	6,7	0,240	67,0	43,0	15,0	14,0	0,240	0,23	65,0	
0327	BJ93	15/1/1	56,0	1,5	3,4	6,9	3,0	27,0	0,490	7,90	27,0	0,260	81,0	56,0	14,0	30,0	0,110	0,50	98,0	
0360	BJ93	16/1/1	33,0	17,2	1,9	7,2	n.n.	22,3	0,380	7,20	16,0	0,180	57,0	40,0	11,0	15,0	0,048	0,42	80,0	
0484	BJ94	4/1/1	10,0	7,4	3,6	7,4	9,0	28,8	0,460	5,10	21,0	0,250	56,0	36,0	13,0	13,0	0,045	0,38	66,0	
0588	BJ94	6/7a/1	26,0	-	4,6	7,1	n.b.	15,1	0,610	8,20	26,0	0,180	66,0	37,0	19,0	20,0	0,068	0,46	74,0	
0599	BJ94	6/8/1	43,0	-	2,6	6,9	n.b.	29,3	0,460	41,00	47,0	0,400	66,0	35,0	16,0	26,0	0,058	2,60	95,0	
0605	BJ94	6/9/1	36,0	-	3,3	6,5	3,2	21,7	0,470	5,30	19,0	0,150	62,0	32,0	19,0	60,0	0,066	0,64	73,0	
0612	BJ94	6/10/2	17,0	-	6,9	3,6	15,9	19,3	0,660	1,70	48,0	0,190	28,0	12,0	14,0	6,3	0,100	0,43	53,0	
1409	Z	25	19,8	0,5	2,1	7,0			0,370	5,80	25,0	0,170	48,0	28,0	11,0	19,0	0,056	0,23	53,0	
1411	Z	27	24,8	5,5	6,4	7,3			0,510	8,50	39,0	0,210	58,0	36,0	14,0	43,0	0,093	0,60	84,0	
1412	Z	28	19,2	16,9	4,4	7,4			0,360	4,60	27,0	0,220	55,0	33,0	11,0	40,0	0,013	0,42	54,0	
1413	Z	29	31,3	1,8	2,7	7,3			0,470	8,00	16,0	0,180	36,0	21,0	7,6	17,0	0,031	0,23	34,0	
1414	Z	30	17,9	24,2	1,0	7,4			0,310	7,20	7,4	0,036	70,0	39,0	13,0	7,4	0,008	0,30	51,0	
1415	Z	33	24,2	15,8	3,5	7,5			0,550	7,50	27,0	0,250	48,0	36,0	11,0	28,0	0,074	0,23	67,0	
1416	Z	34	21,9	0,6	3,8	6,9			0,410	6,70	43,0	0,250	43,0	28,0	9,4	24,0	0,065	0,23	50,0	
1417	Z	35	22,6	0,5		6,5			0,500	6,20	27,0	0,120	47,0	28,0	11,0	31,0	0,074	0,23	75,0	
1418	Z	36	18,0	0,8		6,9			0,430	6,80	20,0	0,160	42,0	26,0	11,0	19,0	0,044	0,39	42,0	
1419	Z	37	48,5	9,5		7,5			0,550	7,70	26,0	0,160	56,0	34,0	13,0	33,0	0,090	0,23	57,0	
1420	Z	38	18,1	10,6	2,1	7,4			0,510	6,70	22,0	0,220	50,0	29,0	7,7	19,0	0,069	0,23	50,0	
1421	Z	39	22,3	4,2	2,9	7,4			0,440	5,60	22,0	0,200	51,0	27,0	8,6	21,0	0,044	0,23	61,0	
1422	Z	40	28,2	3,8	2,5	7,3			0,470	7,90	41,0	0,170	51,0	29,0	10,0	20,0	0,038	0,23	53,0	
1423	Z	41	9,5	0,9	8,1	7,0			0,720	11,00	29,0	0,360	64,0	40,0	12,0	20,0	0,077	0,23	53,0	
1424	Z	42	30,1	0,8	2,1	7,2			0,470	7,00	20,0	0,200	55,0	34,0	11,0	26,0	0,063	0,23	43,0	
1427	Z	45	36,3	1,4		6,6			0,680	7,40	25,0	0,190	69,0	43,0	14,0	26,0	0,077	0,60	50,0	
1430	Z	48	21,8	1,6		7,1			1,200	9,10	15,0	0,140	99,0	66,0	22,0	29,0	0,010	0,39	60,0	

Anlage 1.2

Tabelle 2b: Statistik Tonsteine, Tone, Mergel des Keuper (einschl. Kolluvien und Schutt) (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,482	8,64	26,9	0,202	59,4	37,4	13,0	26,5	0,064	0,56	72,7
Median (Med.)	0,470	7,20	26,0	0,195	57,5	36,0	12,5	25,5	0,066	0,39	68,5
Minimum	0,063	1,70	6,7	0,036	28,0	12,0	7,6	6,3	0,008	0,23	34,0
Maximum	1,200	41,00	48,0	0,400	99,0	66,0	22,0	60,0	0,240	2,60	134,0
Anzahl (n)	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Standardabwg.	0,174	7,07	10,4	0,087	13,6	10,5	3,3	12,1	0,041	0,61	23,9
Dispersion (Disp.)	0,080	1,00	6,0	0,040	9,0	7,0	1,5	6,0	0,022	0,16	15,5
25er Perzentil	0,380	5,75	20,0	0,160	51,0	31,3	11,0	19,0	0,043	0,23	53,0
75er Perzentil	0,528	7,93	31,3	0,243	67,3	43,0	14,3	30,3	0,083	0,48	84,3
90er Perzentil	0,635	10,10	42,5	0,345	73,5	50,5	17,5	42,5	0,094	1,01	107,5
97,5er Perzentil	0,780	29,63	47,1	0,374	84,1	59,0	19,4	58,3	0,126	2,60	117,4
99er Perzentil	1,032	36,45	47,7	0,390	93,1	63,2	21,0	59,3	0,195	2,60	127,4
Med. + 2*Disp.	0,630	9,20	38,0	0,275	75,5	50,0	15,5	37,5	0,109	0,71	99,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,473	6,92	26,9	0,186	58,3	36,6	12,3	24,6	0,059	0,37	70,9
Median (Med.)	0,470	7,15	26,0	0,190	57,0	36,0	12,0	24,5	0,065	0,39	67,0
Minimum	0,290	3,80	6,7	0,036	28,0	12,0	7,6	6,3	0,008	0,23	34,0
Maximum	0,720	11,00	48,0	0,350	82,0	58,0	18,0	43,0	0,110	0,82	115,0
Anzahl (n)	34	32	36	33	35	35	33	34	35	32	35
Standardabwg.	0,105	1,56	10,4	0,071	12,0	9,4	2,6	9,4	0,029	0,15	21,8
Dispersion (Disp.)	0,070	0,80	6,0	0,030	9,0	7,0	2,0	5,5	0,021	0,16	15,0
25er Perzentil	0,388	5,75	20,0	0,160	51,0	30,5	11,0	19,0	0,041	0,23	53,0
75er Perzentil	0,520	7,83	31,3	0,220	67,0	43,0	14,0	29,8	0,080	0,45	84,0
90er Perzentil	0,598	8,47	42,5	0,250	70,6	48,4	16,0	39,1	0,093	0,59	101,6
97,5er Perzentil	0,687	9,61	47,1	0,342	81,2	56,3	17,2	43,0	0,102	0,68	115,0
99er Perzentil	0,707	10,44	47,7	0,347	81,7	57,3	17,7	43,0	0,107	0,76	115,0
Med. + 2*Disp.	0,610	8,75	38,0	0,250	75,0	50,0	16,0	35,5	0,107	0,70	97,0

Anlage 1.2

Tabelle 3a: Urdaten Kalksteine des Keuper (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0054	BJ93	3/3/1	17,0	20,0	5,8	6,9	n.n.	23,1	0,570	6,30	34,0	0,093	14,0	14,0	5,5	18,0	0,082	0,34	39,0	
0059	BJ93	4/1/1	29,0	1,9	6,7	7,0	1,4	28,8	0,470	9,40	30,0	0,039	62,0	41,0	10,0	17,0	0,070	0,23	73,0	
0060	BJ93	4/1/2	32,0	4,6	3,1	7,0	2,9	29,5	0,420	8,90	22,0	0,024	57,0	40,0	10,0	13,0	0,058	0,23	59,0	
0068	BJ93	4/2/1	32,0	1,5	2,1	7,4	12,2	28,6	0,480	9,40	33,0	0,084	63,0	47,0	11,0	20,0	0,052	0,23	94,0	
0069	BJ93	4/2/2	30,0	3,1	3,3	7,4	1,1	29,7	0,520	7,80	28,0	0,081	54,0	42,0	11,0	17,0	0,061	0,23	88,0	
0338	BJ93	15/2/1	51,0	3,2	3,8	7,0	3,3	25,6	0,520	11,00	29,0	0,320	75,0	53,0	13,0	30,0	0,540	0,23	105,0	
0340	BJ93	15/2/2	59,0	0,6	2,6	7,0	1,4	24,6	0,370	9,60	50,0	0,240	80,0	53,0	12,0	30,0	0,044	0,42	91,0	
0344	BJ93	15/3/1	46,0	1,2	3,4	7,1	4,5	23,6	0,150	8,80	26,0	0,280	74,0	51,0	14,0	25,0	0,065	0,46	108,0	
0346	BJ93	15/3/2	36,0	7,8	1,2	7,1	n.n.	23,7	0,290	8,40	16,0	0,120	77,0	51,0	12,0	20,0	0,008	0,37	90,0	
1410	Z	26	28,0	15,1	1,7	7,3			0,490	9,60	15,0	0,096	64,0	55,0	16,0	21,0	0,062	0,23	49,0	

Anlage 1.2

Tabelle 3b: Statistik Kalksteine des Keuper (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,428	8,92	28,3	0,138	62,0	44,7	11,5	21,1	0,104	0,30	79,6
Median (Med.)	0,475	9,15	28,5	0,095	63,5	49,0	11,5	20,0	0,062	0,23	89,0
Minimum	0,150	6,30	15,0	0,024	14,0	14,0	5,5	13,0	0,008	0,23	39,0
Maximum	0,570	11,00	50,0	0,320	80,0	55,0	16,0	30,0	0,540	0,46	108,0
Anzahl (n)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Standardabwg.	0,127	1,25	10,0	0,104	19,0	12,1	2,8	5,6	0,154	0,09	23,6
Dispersion (Disp.)	0,050	0,45	5,0	0,041	10,0	5,0	1,5	3,0	0,009	0,00	16,0
25er Perzentil	0,383	8,50	23,0	0,082	58,3	41,3	10,3	17,3	0,054	0,23	62,5
75er Perzentil	0,513	9,55	32,3	0,210	74,8	52,5	12,8	24,0	0,069	0,36	93,3
90er Perzentil	0,525	9,74	35,6	0,284	77,3	53,2	14,2	30,0	0,128	0,42	105,3
97,5er Perzentil	0,559	10,69	46,4	0,311	79,3	54,6	15,6	30,0	0,437	0,45	107,3
99er Perzentil	0,566	10,87	48,6	0,316	79,7	54,8	15,8	30,0	0,499	0,46	107,7
Med. + 2*Disp.	0,575	10,05	38,5	0,176	83,5	59,0	14,5	26,0	0,080	0,23	121,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,459	8,99	25,9	0,097	67,3	48,1	11,5	21,1	0,062	0,23	79,6
Median (Med.)	0,480	9,15	28,0	0,089	64,0	51,0	11,5	20,0	0,062	0,23	89,0
Minimum	0,290	7,80	15,0	0,024	54,0	40,0	5,5	13,0	0,044	0,23	39,0
Maximum	0,570	9,60	34,0	0,240	80,0	55,0	16,0	30,0	0,082	0,23	108,0
Anzahl (n)	9	8	9	8	9	9	10	10	8	6	10
Standardabwg.	0,086	0,64	6,9	0,066	9,4	5,8	2,8	5,6	0,011	0,00	23,6
Dispersion (Disp.)	0,040	0,40	5,0	0,020	10,0	4,0	1,5	3,0	0,006	0,00	16,0
25er Perzentil	0,420	8,70	22,0	0,071	62,0	42,0	10,3	17,3	0,057	0,23	62,5
75er Perzentil	0,520	9,45	30,0	0,102	75,0	53,0	12,8	24,0	0,066	0,23	93,3
90er Perzentil	0,530	9,60	33,2	0,156	77,6	53,4	14,2	30,0	0,074	0,23	105,3
97,5er Perzentil	0,560	9,60	33,8	0,219	79,4	54,6	15,6	30,0	0,080	0,23	107,3
99er Perzentil	0,566	9,60	33,9	0,232	79,8	54,8	15,8	30,0	0,081	0,23	107,7
Med. + 2*Disp.	0,560	9,95	38,0	0,128	84,0	59,0	14,5	26,0	0,074	0,23	121,0

Anlage 1.2

Tabelle 4a: Urdaten Sandsteine des Keuper (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn		
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]							
0038	BJ93	3/1/1	14,0	1,6	2,6	7,3	1,6	14,9	0,680	8,40	16,0	0,033	74,0	53,0	16,0	26,0	0,038	0,23	49,0		
0592	BJ94	6/7b/1	8,0	-	2,7	5,6	n.b.	10,2	0,280	3,90	14,0	0,087	32,0	19,0	9,0	9,9	0,074	0,23	33,0		
1425	Z	43	40,4	0,6		6,7			0,800	9,70	77,0	0,170	71,0	45,0	14,0	34,0	0,081	0,45	57,0		

Anlage 1.2

Tabelle 4b: Statistik Sandsteine des Keuper (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,587	7,33	35,7	0,097	59,0	39,0	13,0	23,3	0,064	0,30	46,3
Median (Med.)	0,680	8,40	16,0	0,087	71,0	45,0	14,0	26,0	0,074	0,23	49,0
Minimum	0,280	3,90	14,0	0,033	32,0	19,0	9,0	9,9	0,038	0,23	33,0
Maximum	0,800	9,70	77,0	0,170	74,0	53,0	16,0	34,0	0,081	0,45	57,0
Anzahl (n)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Standardabwg.	0,272	3,04	35,8	0,069	23,4	17,8	3,6	12,3	0,023	0,13	12,2
Dispersion (Disp.)	0,120	1,30	2,0	0,054	3,0	8,0	2,0	8,0	0,007	0,00	8,0
25er Perzentil	0,480	6,15	15,0	0,060	51,5	32,0	11,5	18,0	0,056	0,23	41,0
75er Perzentil	0,740	9,05	46,5	0,129	72,5	49,0	15,0	30,0	0,078	0,34	53,0
90er Perzentil	0,776	9,44	64,8	0,153	73,4	51,4	15,6	32,4	0,080	0,41	55,4
97,5er Perzentil	0,794	9,64	74,0	0,166	73,9	52,6	15,9	33,6	0,081	0,44	56,6
99er Perzentil	0,798	9,67	75,8	0,168	73,9	52,8	16,0	33,8	0,081	0,45	56,8
Med. + 2*Disp.	0,920	11,00	20,0	0,195	77,0	61,0	18,0	42,0	0,088	0,23	65,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,587	7,33	15,0	0,097	72,5	39,0	13,0	23,3	0,078	0,23	46,3
Median (Med.)	0,680	8,40	15,0	0,087	72,5	45,0	14,0	26,0	0,078	0,23	49,0
Minimum	0,280	3,90	14,0	0,033	71,0	19,0	9,0	9,9	0,074	0,23	33,0
Maximum	0,800	9,70	16,0	0,170	74,0	53,0	16,0	34,0	0,081	0,23	57,0
Anzahl (n)	3	3	2	3	2	3	3	3	2	2	3
Standardabwg.	0,272	3,04	1,4	0,069	2,1	17,8	3,6	12,3	0,005	0,00	12,2
Dispersion (Disp.)	0,120	1,30	1,0	0,054	1,5	8,0	2,0	8,0	0,004	0,00	8,0
25er Perzentil	0,480	6,15	14,5	0,060	71,8	32,0	11,5	18,0	0,076	0,23	41,0
75er Perzentil	0,740	9,05	15,5	0,129	73,3	49,0	15,0	30,0	0,079	0,23	53,0
90er Perzentil	0,776	9,44	15,8	0,153	73,7	51,4	15,6	32,4	0,080	0,23	55,4
97,5er Perzentil	0,794	9,64	16,0	0,166	73,9	52,6	15,9	33,6	0,081	0,23	56,6
99er Perzentil	0,798	9,67	16,0	0,168	74,0	52,8	16,0	33,8	0,081	0,23	56,8
Med. + 2*Disp.	0,920	11,00	17,0	0,195	75,5	61,0	18,0	42,0	0,085	0,23	65,0

Anlage 1.2

Tabelle 5a: Urdaten Mergel des Keuper (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0023	BJ93	2/1/1	37,0	0,7	4,6	6,9	2,7	23,3	0,770	7,50	25,0	0,090	57,0	35,0	14,0	26,0	0,058	0,44	82,0	
0076	BJ93	4/3/1	28,0	6,1	3,1	7,4	0,8	25,4	0,400	8,30	28,0	0,075	58,0	39,0	9,7	18,0	0,055	0,23	69,0	
0077	BJ93	4/3/2	32,0	8,2	2,1	7,4	n.n.	26,4	0,360	6,90	21,0	0,045	58,0	38,0	9,3	14,0	0,020	0,23	56,0	
0329	BJ93	15/1/2	48,0	11,3	1,2	7,0	n.n.	23,5	0,430	7,00	20,0	0,120	78,0	55,0	12,0	25,0	0,015	0,38	71,0	
1281	RM	77	33,9	38,5	2,8	7,4			0,390	6,80	33,0	0,120	34,0	46,0	6,1	26,0	0,052	0,46	45,0	
1282	RM	78	45,6	37,9	3,1	7,5			0,130	10,00	32,0	0,063	38,0	38,0	7,1	26,0	0,037	0,48	35,0	
1429	Z	47	48,2	2,9		7,1			0,560	0,03	12,0	0,140	59,0	31,0	15,0	13,0	0,074	0,54	63,0	

Anlage 1.2

Tabelle 5b: Statistik Mergel des Keuper (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,434	6,65	24,4	0,093	54,6	40,3	10,5	21,1	0,044	0,39	60,1
Median (Med.)	0,400	7,00	25,0	0,090	58,0	38,0	9,7	25,0	0,052	0,44	63,0
Minimum	0,130	0,03	12,0	0,045	34,0	31,0	6,1	13,0	0,015	0,23	35,0
Maximum	0,770	10,00	33,0	0,140	78,0	55,0	15,0	26,0	0,074	0,54	82,0
Anzahl (n)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Standardabwg.	0,196	3,13	7,4	0,035	14,7	7,9	3,4	6,0	0,021	0,12	16,1
Dispersion (Disp.)	0,040	0,50	5,0	0,030	1,0	3,0	2,6	1,0	0,015	0,06	8,0
25er Perzentil	0,375	6,85	20,5	0,069	47,5	36,5	8,2	16,0	0,029	0,31	50,5
75er Perzentil	0,495	7,90	30,0	0,120	58,5	42,5	13,0	26,0	0,057	0,47	70,0
90er Perzentil	0,644	8,98	32,4	0,128	66,6	49,6	14,4	26,0	0,064	0,50	75,4
97,5er Perzentil	0,739	9,75	32,9	0,137	75,2	53,7	14,9	26,0	0,072	0,53	80,4
99er Perzentil	0,757	9,90	32,9	0,139	76,9	54,5	14,9	26,0	0,073	0,54	81,3
Med. + 2*Disp.	0,480	8,00	35,0	0,150	60,0	44,0	14,9	27,0	0,082	0,56	79,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,428	7,30	24,4	0,093	58,0	37,8	10,5	25,8	0,044	0,39	60,1
Median (Med.)	0,400	7,00	25,0	0,090	58,0	38,0	9,7	26,0	0,052	0,44	63,0
Minimum	0,360	6,80	12,0	0,045	57,0	31,0	6,1	25,0	0,015	0,23	35,0
Maximum	0,560	8,30	33,0	0,140	59,0	46,0	15,0	26,0	0,074	0,54	82,0
Anzahl (n)	5	5	7	7	4	6	7	4	7	7	7
Standardabwg.	0,078	0,62	7,4	0,035	0,8	5,0	3,4	0,5	0,021	0,12	16,1
Dispersion (Disp.)	0,030	0,20	5,0	0,030	0,5	2,0	2,6	0,0	0,015	0,06	8,0
25er Perzentil	0,390	6,90	20,5	0,069	57,8	35,8	8,2	25,8	0,029	0,31	50,5
75er Perzentil	0,430	7,50	30,0	0,120	58,3	38,8	13,0	26,0	0,057	0,47	70,0
90er Perzentil	0,508	7,98	32,4	0,128	58,7	42,5	14,4	26,0	0,064	0,50	75,4
97,5er Perzentil	0,547	8,22	32,9	0,137	58,9	45,1	14,9	26,0	0,072	0,53	80,4
99er Perzentil	0,555	8,27	32,9	0,139	59,0	45,7	14,9	26,0	0,073	0,54	81,3
Med. + 2*Disp.	0,460	7,40	35,0	0,150	59,0	42,0	14,9	26,0	0,082	0,56	79,0

Anlage 1.2

Tabelle 6a: Urdaten Gipse des Keuper, Ob. Buntsandstein und Zechstein (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter							Schwermetallgehalte									
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0031	BJ93	2/2/1	6,0	9,1	6,4	7,2	1,4	27,5	0,600	14,00	28,0	0,210	38,0	23,0	9,7	16,0	0,073	1,05	63,0
0290	BJ93	13/3/1	8,0	15,4	6,7	7,2	2,6	24,0	0,980	9,60	20,0	0,410	35,0	26,0	7,1	13,0	0,008	1,60	61,0
0399	BJ94	1/1/1	34,0	-	5,0	6,6	4,6	12,0	0,590	20,00	38,0	0,360	65,0	32,0	16,0	23,0	0,080	0,97	120,0
0423	BJ94	2/1/1	3,0	9,5	1,8	7,3	n.b.	23,2	0,650	13,00	11,0	0,340	48,0	28,0	12,0	22,0	0,055	0,98	80,0
1505	Z	123	19,3	0,1	48,3	3,5			2,200	15,00	295,0	2,670	23,0	7,2	2,5	19,0	0,360	0,23	102,0

Anlage 1.2

Tabelle 6b: Statistik Gipse des Keuper, Ob. Buntsandstein und Zechstein (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,004	14,32	78,4	0,798	41,8	23,2	9,5	18,6	0,115	0,97	85,2
Median (Med.)	0,650	14,00	28,0	0,360	38,0	26,0	9,7	19,0	0,073	0,98	80,0
Minimum	0,590	9,60	11,0	0,210	23,0	7,2	2,5	13,0	0,008	0,23	61,0
Maximum	2,200	20,00	295,0	2,670	65,0	32,0	16,0	23,0	0,360	1,60	120,0
Anzahl (n)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Standardabwg.	0,688	3,77	121,5	1,049	15,7	9,5	5,1	4,2	0,140	0,49	25,5
Dispersion (Disp.)	0,060	1,00	10,0	0,050	10,0	3,0	2,6	3,0	0,018	0,07	19,0
25er Perzentil	0,600	13,00	20,0	0,340	35,0	23,0	7,1	16,0	0,055	0,97	63,0
75er Perzentil	0,980	15,00	38,0	0,410	48,0	28,0	12,0	22,0	0,080	1,05	102,0
90er Perzentil	1,712	18,00	192,2	1,766	58,2	30,4	14,4	22,6	0,248	1,38	112,8
97,5er Perzentil	2,078	19,50	269,3	2,444	63,3	31,6	15,6	22,9	0,332	1,55	118,2
99er Perzentil	2,151	19,80	284,7	2,580	64,3	31,8	15,8	23,0	0,349	1,58	119,3
Med. + 2*Disp.	0,770	16,00	48,0	0,460	58,0	32,0	14,9	25,0	0,109	1,12	118,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,613	14,00	24,3	0,330	41,8	27,3	9,5	18,6	0,054	1,00	85,2
Median (Med.)	0,600	14,00	24,0	0,350	38,0	27,0	9,7	19,0	0,064	0,98	80,0
Minimum	0,590	13,00	11,0	0,210	23,0	23,0	2,5	13,0	0,008	0,97	61,0
Maximum	0,650	15,00	38,0	0,410	65,0	32,0	16,0	23,0	0,080	1,05	120,0
Anzahl (n)	3	3	4	4	5	4	5	5	4	3	5
Standardabwg.	0,032	1,00	11,5	0,085	15,7	3,8	5,1	4,2	0,032	0,04	25,5
Dispersion (Disp.)	0,010	1,00	8,5	0,035	10,0	2,5	2,6	3,0	0,013	0,01	19,0
25er Perzentil	0,595	13,50	17,8	0,308	35,0	25,3	7,1	16,0	0,043	0,98	63,0
75er Perzentil	0,625	14,50	30,5	0,373	48,0	29,0	12,0	22,0	0,075	1,02	102,0
90er Perzentil	0,640	14,80	35,0	0,395	58,2	30,8	14,4	22,6	0,078	1,04	112,8
97,5er Perzentil	0,648	14,95	37,3	0,406	63,3	31,7	15,6	22,9	0,079	1,05	118,2
99er Perzentil	0,649	14,98	37,7	0,409	64,3	31,9	15,8	23,0	0,080	1,05	119,3
Med. + 2*Disp.	0,620	16,00	41,0	0,420	58,0	32,0	14,9	25,0	0,089	1,00	118,0

Anlage 1.2

Tabelle 7a: Urdaten Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des Ob. Muschelkalk (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0090	BJ93	5/1/9	39,0	6,6	4,5	7,2	3,5	24,8	0,450	7,60	39,0	0,130	80,0	53,0	14,0	24,0	0,096	0,23	108,0	
0092	BJ93	5/1/10	38,0	6,0	1,4	7,2	0,1	22,2	0,330	7,50	24,0	0,048	30,0	26,0	14,0	24,0	0,043	0,23	81,0	
0097	BJ93	5/2/1	54,0	1,3	2,6	7,1	2,1	28,6	0,350	6,70	32,0	0,150	87,0	60,0	16,0	25,0	0,043	0,34	94,0	
0099	BJ93	5/2/2	51,0	2,1	1,0	7,3	0,3	29,5	0,330	7,30	21,0	0,045	104,0	71,0	16,0	22,0	0,029	0,44	96,0	
0110	BJ93	6/1/1	43,0	5,4	3,1	7,0	2,0	27,9	0,520	6,40	30,0	0,063	86,0	61,0	13,0	31,0	0,067	0,23	98,0	
0128	BJ93	7/1/1	49,0	1,1	0,7	6,9	2,8	27,3	0,073	7,80	26,0	0,072	99,0	74,0	17,0	26,0	0,070	0,55	87,0	
0137	BJ93	7/2/1	64,0	0,5	7,2	5,8	15,2	38,2	0,260	6,20	29,0	0,130	106,0	70,0	15,0	34,0	0,055	0,46	87,0	
0138	BJ93	7/2/2	71,0	0,7	0,2	6,0	5,2	37,2	0,091	4,40	14,0	0,036	134,0	107,0	21,0	39,0	0,026	0,41	81,0	
0142	BJ93	7/3/2	63,0	0,2	4,8	4,9	16,5	37,8	0,380	5,80	36,0	0,075	102,0	79,0	19,0	38,0	0,088	0,45	96,0	
0198	BJ93	10/1/1	50,0	0,4	4,8	6,7	3,0	31,2	0,530	6,10	45,0	0,099	90,0	64,0	15,0	34,0	0,082	0,64	139,0	
0322	BJ93	14/4/1	32,0	2,0	2,9	6,9	2,3	27,4	0,740	2,40	44,0	0,063	45,0	43,0	7,7	37,0	0,030	0,62	118,0	
0369	BJ93	16/2/1	22,0	6,9	3,4	7,2	n.n.	20,1	0,270	17,00	32,0	0,290	71,0	60,0	17,0	27,0	0,008	0,33	78,0	
0384	BJ93	17/1/1	52,0	7,7	7,1	6,6	1,4	37,1	0,620	7,50	51,0	0,380	79,0	57,0	14,0	50,0	0,054	0,23	135,0	
1432	Z	50	13,7	0,4	9,2	6,2			0,640	7,30	46,0	0,470	56,0	32,0	10,0	22,0	0,110	0,23	66,0	
1433	Z	51	37,8	6,3	2,7	7,5			0,380	5,90	10,0	0,160	110,0	59,0	15,0	24,0	0,055	0,23	52,0	
1434	Z	52	30,0	8,3	4,5	7,3			0,050	5,80	33,0	0,320	63,0	40,0	13,0	25,0	0,081	0,23	67,0	
1435	Z	53	38,9	16,7		7,5			0,290	5,40	13,0	0,100	60,0	51,0	13,0	37,0	0,041	0,51	52,0	
1436	Z	54	32,6	4,1	4,0	7,2			0,520	7,60	23,0	0,270	80,0	54,0	16,0	33,0	0,140	0,23	61,0	
1438	Z	56	28,6	11,3	3,4	7,4			0,600	8,30	24,0	0,220	62,0	43,0	16,0	28,0	0,110	0,23	61,0	
1440	Z	58	43,7	5,3	4,9	7,2			0,630	8,10	21,0	0,300	66,0	44,0	14,0	42,0	0,097	0,33	61,0	
1441	Z	59	23,9	3,4	3,3	7,3			0,570	7,10	28,0	0,310	54,0	36,0	9,4	27,0	0,070	0,23	54,0	
1442	Z	60	40,3	7,7		7,5			0,410	8,10	24,0	0,160	82,0	52,0	15,0	35,0	0,050	0,42	57,0	
1443	Z	61	27,5	16,2		7,5			0,470	5,80	24,0	0,140	45,0	37,0	13,0	30,0	0,061	0,23	74,0	
1444	Z	62	50,3	4,9		7,3			0,780	9,30	45,0	0,420	78,0	45,0	16,0	45,0	0,110	0,66	93,0	
1445	Z	63	31,1	1,6	5,2	7,2			1,200	9,50	28,0	0,320	112,0	49,0	15,0	35,0	0,120	0,42	68,0	
1446	Z	64	15,7	9,2		7,4			0,310	7,90	147,0	0,340	73,0	49,0	16,0	40,0	0,093	0,48	80,0	
1447	Z	65	2,7	1,3		6,2			0,600	4,80	35,0	0,380	82,0	46,0	15,0	34,0	0,150	0,42	85,0	

Anlage 1.2

Tabelle 7b: Statistik Tonsteine, Tone, Tonmergel und tonige Schuttdecken des Ob. Muschelkalk (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,459	7,17	34,2	0,203	79,1	54,1	14,6	32,1	0,073	0,37	82,6
Median (Med.)	0,450	7,30	29,0	0,160	80,0	52,0	15,0	33,0	0,070	0,34	81,0
Minimum	0,050	2,40	10,0	0,036	30,0	26,0	7,7	22,0	0,008	0,23	52,0
Maximum	1,200	17,00	147,0	0,470	134,0	107,0	21,0	50,0	0,150	0,66	139,0
Anzahl (n)	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Standardabwg.	0,242	2,48	24,8	0,132	23,7	16,7	2,7	7,4	0,036	0,14	23,4
Dispersion (Disp.)	0,150	1,00	6,0	0,110	18,0	9,0	1,0	6,0	0,027	0,11	15,0
25er Perzentil	0,320	5,85	24,0	0,087	62,5	43,5	13,5	25,5	0,047	0,23	63,5
75er Perzentil	0,600	7,85	37,5	0,315	94,5	60,5	16,0	37,0	0,097	0,46	95,0
90er Perzentil	0,680	8,70	45,4	0,380	107,6	72,2	17,0	40,8	0,114	0,58	112,0
97,5er Perzentil	0,927	12,13	84,6	0,438	119,7	88,8	19,7	46,8	0,144	0,65	136,4
99er Perzentil	1,091	15,05	122,0	0,457	128,3	99,7	20,5	48,7	0,147	0,65	138,0
Med. + 2*Disp.	0,750	9,30	41,0	0,380	116,0	70,0	17,0	45,0	0,124	0,56	111,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,431	6,97	29,9	0,203	79,1	52,1	15,1	32,1	0,073	0,37	82,6
Median (Med.)	0,430	7,30	28,5	0,160	80,0	51,5	15,0	33,0	0,070	0,34	81,0
Minimum	0,050	4,40	10,0	0,036	30,0	26,0	13,0	22,0	0,008	0,23	52,0
Maximum	0,780	9,50	51,0	0,470	134,0	79,0	19,0	50,0	0,150	0,66	139,0
Anzahl (n)	26	25	26	27	27	26	23	27	27	27	27
Standardabwg.	0,195	1,29	10,6	0,132	23,7	13,2	1,5	7,4	0,036	0,14	23,4
Dispersion (Disp.)	0,140	0,90	6,0	0,110	18,0	8,5	1,0	6,0	0,027	0,11	15,0
25er Perzentil	0,315	5,90	24,0	0,087	62,5	43,3	14,0	25,5	0,047	0,23	63,5
75er Perzentil	0,593	7,80	35,8	0,315	94,5	60,0	16,0	37,0	0,097	0,46	95,0
90er Perzentil	0,635	8,22	45,0	0,380	107,6	70,5	16,8	40,8	0,114	0,58	112,0
97,5er Perzentil	0,755	9,38	47,9	0,438	119,7	75,9	17,9	46,8	0,144	0,65	136,4
99er Perzentil	0,770	9,45	49,8	0,457	128,3	77,8	18,6	48,7	0,147	0,65	138,0
Med. + 2*Disp.	0,710	9,10	40,5	0,380	116,0	68,5	17,0	45,0	0,124	0,56	111,0

Anlage 1.2

Tabelle 8a: Urdaten Kalksteine, Mergelsteine und Dolomite des Mittl. Muschelkalk (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0105	BJ93	5/4/1	33,0	28,5	1,5	6,9	0,5	21,6	0,550	9,90	34,0	0,078	43,0	24,0	8,7	21,0	0,085	0,70	64,0	
0154	BJ93	8/1/1	44,0	18,8	2,8	7,3	3,0	26,3	0,600	9,60	43,0	0,370	111,0	67,0	11,0	27,0	0,090	1,10	121,0	
0159	BJ93	8/2/1	43,0	2,6	4,6	7,4	2,4	29,6	0,460	9,60	49,0	0,440	116,0	68,0	14,0	26,0	0,088	0,92	141,0	
0163	BJ93	8/2/3	30,0	0,2		7,3	2,1	18,3	0,280	4,90	28,0	0,190	61,0	35,0	12,0	13,0	0,038	0,64	98,0	
0167	BJ93	8/3/1	31,0	25,3	3,4	7,4	n.n.	23,7	0,390	7,90	36,0	0,300	46,0	26,0	9,2	21,0	0,058	1,20	80,0	
0203	BJ93	10/2/1	48,0	12,6	6,7	7,1	n.n.	33,0	0,600	0,03	53,0	0,057	56,0	38,0	11,0	21,0	0,070	0,71	122,0	
0389	BJ93	17/2/1	40,0	12,1	4,3	7,0	n.n.	27,3	0,570	10,00	42,0	0,360	57,0	41,0	11,0	24,0	0,018	0,23	111,0	
0435	BJ94	2/3/1	41,0	7,6	3,6	7,5	n.b.	23,4	0,160	9,90	25,0	0,400	58,0	31,0	16,0	29,0	0,080	0,87	117,0	
0570	BJ94	6/5/1	27,0	10,4	5,9	7,3	n.b.	28,2	0,400	11,00	31,0	0,470	49,0	30,0	14,0	18,0	0,066	1,10	104,0	
0572	BJ94	6/5/2	38,0	12,6	4,8	7,4	n.b.	28,3	0,520	9,00	30,0	0,470	49,0	31,0	14,0	18,0	0,063	0,83	99,0	
0580	BJ94	6/6/1	23,0	19,8	6,1	7,4	n.b.	28,2	0,460	9,50	28,0	0,380	33,0	24,0	11,0	16,0	0,068	0,84	74,0	
1451	Z	69	24,6	2,5	2,6	7,0			0,440	8,30	25,0	0,210	48,0	24,0	10,0	19,0	0,056	0,23	61,0	
1452	Z	70	5,1	5,8	10,9	7,3			0,670	9,00	47,0	0,450	39,0	25,0	10,0	25,0	0,071	0,30	97,0	
1458	Z	76	43,2	3,3		7,4			1,100	22,00	48,0	0,540	68,0	32,0	13,0	30,0	0,099	0,90	120,0	
1460	Z	78	26,3	66,5		7,2			0,430	13,00	21,0	0,270	14,0	15,0	4,0	14,0	0,063	0,72	63,0	
1461	Z	79	7,7	20,5		7,3			0,870	14,00	49,0	0,320	36,0	25,0	9,2	21,0	0,087	0,69	89,0	
1462	Z	80	31,5	17,2		7,4			0,700	13,00	64,0	0,430	44,0	28,0	11,0	27,0	0,081	1,10	88,0	

Anlage 1.2

Tabelle 8b: Statistik Kalksteine, Mergelsteine und Dolomite des Mittl. Muschelkalk (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,541	10,04	38,4	0,337	54,6	33,2	11,1	21,8	0,069	0,77	97,0
Median (Med.)	0,520	9,60	36,0	0,370	49,0	30,0	11,0	21,0	0,070	0,83	98,0
Minimum	0,160	0,03	21,0	0,057	14,0	15,0	4,0	13,0	0,018	0,23	61,0
Maximum	1,100	22,00	64,0	0,540	116,0	68,0	16,0	30,0	0,099	1,20	141,0
Anzahl (n)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Standardabwg.	0,218	4,43	12,0	0,138	25,4	14,3	2,7	5,1	0,020	0,30	23,5
Dispersion (Disp.)	0,090	1,30	11,0	0,080	9,0	5,0	1,8	4,0	0,012	0,14	19,0
25er Perzentil	0,430	9,00	28,0	0,270	43,0	25,0	10,0	18,0	0,063	0,69	80,0
75er Perzentil	0,600	11,00	48,0	0,440	58,0	35,0	13,0	26,0	0,085	0,92	117,0
90er Perzentil	0,768	13,40	50,6	0,470	85,2	51,4	14,0	27,8	0,089	1,10	121,4
97,5er Perzentil	1,008	18,80	59,6	0,512	114,0	67,6	15,2	29,6	0,095	1,16	133,4
99er Perzentil	1,063	20,72	62,2	0,529	115,2	67,8	15,7	29,8	0,098	1,18	138,0
Med. + 2*Disp.	0,700	12,20	58,0	0,530	67,0	40,0	14,6	29,0	0,094	1,11	136,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,506	9,91	38,4	0,337	46,7	28,6	11,1	21,8	0,073	0,84	97,0
Median (Med.)	0,490	9,60	36,0	0,370	48,0	28,0	11,0	21,0	0,071	0,84	98,0
Minimum	0,160	4,90	21,0	0,057	14,0	15,0	4,0	13,0	0,038	0,30	61,0
Maximum	0,870	14,00	64,0	0,540	68,0	41,0	16,0	30,0	0,099	1,20	141,0
Anzahl (n)	16	15	17	17	15	15	17	17	16	15	17
Standardabwg.	0,169	2,25	12,0	0,138	13,2	6,5	2,7	5,1	0,016	0,23	23,5
Dispersion (Disp.)	0,095	0,60	11,0	0,080	9,0	4,0	1,8	4,0	0,012	0,14	19,0
25er Perzentil	0,423	9,00	28,0	0,270	41,0	24,5	10,0	18,0	0,063	0,71	80,0
75er Perzentil	0,600	10,50	48,0	0,440	56,5	31,5	13,0	26,0	0,086	1,01	117,0
90er Perzentil	0,685	13,00	50,6	0,470	59,8	36,8	14,0	27,8	0,089	1,10	121,4
97,5er Perzentil	0,806	13,65	59,6	0,512	65,6	40,0	15,2	29,6	0,096	1,17	133,4
99er Perzentil	0,845	13,86	62,2	0,529	67,0	40,6	15,7	29,8	0,098	1,19	138,0
Med. + 2*Disp.	0,680	10,80	58,0	0,530	66,0	36,0	14,6	29,0	0,094	1,12	136,0

Anlage 1.2

Tabelle 9a: Urdaten Kalksteine des Unt. Muschelkalk (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0193	BJ93	9/3/1	17,0	43,7	12,2	6,9	n.n.	39,7	0,670	8,50	37,0	0,027	30,0	16,0	5,8	10,0	0,064	0,86	74,0	
0209	BJ93	10/3/1	51,0	5,5	6,5	7,1	2,9	37,5	0,660	14,00	76,0	0,030	77,0	38,0	13,0	23,0	0,093	0,91	160,0	
0212	BJ93	10/4/1	27,0	34,0	10,0	7,1	n.n.	37,3	0,570	12,00	59,0	0,069	35,0	19,0	7,5	18,0	0,108	0,65	93,0	
0213	BJ93	10/4/2	34,0	36,1	10,0	7,1	0,1	36,8	0,570	12,00	59,0	0,390	34,0	20,0	7,8	16,0	0,046	0,71	101,0	
0396	BJ93	17/3/1	34,0	23,1	5,2	7,2	n.n.	31,1	0,540	10,00	41,0	0,057	46,0	28,0	9,5	11,0	0,021	0,57	68,0	
0441	BJ94	2/4/1	15,0	21,3	9,0	7,4	n.b.	30,6	0,350	11,00	60,0	0,580	37,0	25,0	13,0	24,0	0,085	0,62	121,0	
0565	BJ94	6/4/1	19,0	4,1	10,7	7,1	n.b.	33,1	0,510	6,00	53,0	0,520	59,0	31,0	16,0	23,0	0,063	0,73	110,0	
1448	Z	66	14,0	0,1	10,7	3,3			1,600	2,10	89,0	0,130	40,0	15,0	5,6	20,0	0,170	0,30	63,0	
1449	Z	67	15,4	0,8	17,1	4,9			1,400	22,00	113,0	1,560	60,0	31,0	12,0	25,0	0,380	0,39	156,0	
1450	Z	68	30,2	6,6	5,5	7,3			0,540	9,50	44,0	0,480	58,0	26,0	11,0	20,0	0,100	0,30	97,0	
1453	Z	71	8,3	0,8	14,5	5,0			1,200	14,00	70,0	0,720	55,0	27,0	11,0	18,0	0,180	0,39	94,0	
1454	Z	72	14,6	1,0	39,4	4,1			2,400	15,00	157,0	1,090	50,0	23,0	4,5	27,0	0,410	0,42	154,0	
1455	Z	73	3,8	1,7	20,7	6,7			0,910	17,00	72,0	1,050	56,0	30,0	11,0	25,0	0,160	0,45	132,0	
1456	Z	74	38,6	10,7	5,2	7,2			0,680	13,00	49,0	0,260	32,0	35,0	14,0	26,0	0,062	0,43	102,0	
1457	Z	75	13,9	1,4	10,1	7,0			0,960	15,00	64,0	0,720	59,0	30,0	12,0	25,0	0,130	0,39	105,0	
1459	Z	77	7,7	10,4		7,4			0,940	15,00	63,0	0,490	43,0	24,0	10,0	20,0	0,100	0,33	76,0	

Anlage 1.2

Tabelle 9b: Statistik Kalksteine des Unt. Muschelkalk (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,906	12,26	69,1	0,511	48,2	26,1	10,2	20,7	0,136	0,53	106,6
Median (Med.)	0,675	12,50	61,5	0,485	48,0	26,5	11,0	21,5	0,100	0,44	101,5
Minimum	0,350	2,10	37,0	0,027	30,0	15,0	4,5	10,0	0,021	0,30	63,0
Maximum	2,400	22,00	157,0	1,560	77,0	38,0	16,0	27,0	0,410	0,91	160,0
Anzahl (n)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Standardabwg.	0,528	4,60	30,1	0,440	13,2	6,5	3,3	5,1	0,111	0,20	30,9
Dispersion (Disp.)	0,200	2,50	11,5	0,295	11,0	4,0	2,0	3,5	0,038	0,14	22,5
25er Perzentil	0,563	9,88	52,0	0,115	36,5	22,3	7,7	18,0	0,064	0,39	88,8
75er Perzentil	1,020	15,00	73,0	0,720	58,3	30,3	12,3	25,0	0,163	0,67	123,8
90er Perzentil	1,500	16,00	101,0	1,070	59,5	33,0	13,5	25,5	0,280	0,80	155,0
97,5er Perzentil	2,100	20,13	140,5	1,384	70,6	36,9	15,3	26,6	0,399	0,89	158,5
99er Perzentil	2,280	21,25	150,4	1,490	74,5	37,6	15,7	26,9	0,406	0,90	159,4
Med. + 2*Disp.	1,075	17,50	84,5	1,075	70,0	34,5	15,0	28,5	0,175	0,71	146,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,750	12,93	59,7	0,511	48,2	26,1	10,2	20,7	0,099	0,53	106,6
Median (Med.)	0,665	13,00	59,5	0,485	48,0	26,5	11,0	21,5	0,097	0,44	101,5
Minimum	0,350	6,00	37,0	0,027	30,0	15,0	4,5	10,0	0,021	0,30	63,0
Maximum	1,400	22,00	89,0	1,560	77,0	38,0	16,0	27,0	0,180	0,91	160,0
Anzahl (n)	14	15	14	16	16	16	16	16	14	16	16
Standardabwg.	0,294	3,85	14,4	0,440	13,2	6,5	3,3	5,1	0,048	0,20	30,9
Dispersion (Disp.)	0,140	2,00	10,5	0,295	11,0	4,0	2,0	3,5	0,034	0,14	22,5
25er Perzentil	0,548	10,50	50,0	0,115	36,5	22,3	7,7	18,0	0,063	0,39	88,8
75er Perzentil	0,933	15,00	68,5	0,720	58,3	30,3	12,3	25,0	0,125	0,67	123,8
90er Perzentil	1,128	16,20	74,8	1,070	59,5	33,0	13,5	25,5	0,167	0,80	155,0
97,5er Perzentil	1,335	20,25	84,8	1,384	70,6	36,9	15,3	26,6	0,177	0,89	158,5
99er Perzentil	1,374	21,30	87,3	1,490	74,5	37,6	15,7	26,9	0,179	0,90	159,4
Med. + 2*Disp.	0,945	17,00	80,5	1,075	70,0	34,5	15,0	28,5	0,164	0,71	146,5

Anlage 1.2

Tabelle 10a: Urdaten Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des Ob. Buntsandstein (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0175	BJ93	9/1/1	29,0	10,6	3,8	7,5	0,7	23,4	2,400	20,00	304,0	0,500	87,0	58,0	11,0	54,0	0,460	1,20	315,0	
0177	BJ93	9/1/2	32,0	17,9	2,4	7,5	n.n.	21,0	1,600	18,00	78,0	0,200	60,0	39,0	11,0	43,0	0,360	1,30	152,0	
0183	BJ93	9/2/1	26,0	10,5	2,6	7,5	n.n.	18,5	0,730	6,40	25,0	0,027	34,0	20,0	7,2	22,0	0,076	0,77	61,0	
0218	BJ93	11/1/1	32,0	0,7	8,8	6,8	5,3	26,7	0,460	6,90	47,0	0,270	69,0	23,0	6,4	11,0	0,114	0,42	90,0	
0219	BJ93	11/1/2	24,0	0,1	6,4	6,8	3,0	20,8	0,560	5,80	35,0	0,190	60,0	21,0	6,1	9,5	0,088	0,40	64,0	
0220	BJ93	11/1/3	16,0	3,6		6,8	n.n.	7,6	0,540	1,70	16,0	0,140	46,0	14,0	3,9	1,5	0,017	0,23	27,0	
0221	BJ93	11/1/4	37,0	0,2		6,8	n.n.	17,6	0,160	4,70	14,0	0,011	66,0	51,0	15,0	17,0	0,014	0,54	84,0	
0225	BJ93	11/2/1	35,0	0,3	3,6	6,8	0,9	19,8	0,440	4,80	23,0	0,140	65,0	41,0	16,0	19,0	0,058	0,37	100,0	
0231	BJ93	11/3/1	42,0	9,8	2,4	6,9	n.n.	19,3	0,760	4,90	22,0	0,130	79,0	45,0	14,0	33,0	0,052	0,46	88,0	
0232	BJ93	11/3/2	36,0	1,5	4,0	6,9	0,1	14,6	0,520	4,80	19,0	0,045	64,0	39,0	14,0	14,0	0,017	0,45	81,0	
0234	BJ93	11/3/3	51,0	1,2		6,9	n.n.	21,1	0,380	5,80	16,0	0,060	86,0	56,0	16,0	20,0	0,023	0,75	107,0	
0237	BJ93	11/4/1	45,0	6,5	3,8	7,0	n.n.	24,0	0,620	5,90	27,0	0,110	68,0	44,0	14,0	36,0	0,038	0,55	92,0	
0429	BJ94	2/2/1	9,0	11,4	5,2	7,4	n.b.	23,9	0,440	8,40	22,0	0,280	68,0	33,0	16,0	23,0	0,085	0,81	102,0	
0540	BJ94	6/1/1	29,0	0,5	3,6	6,7	9,0	17,0	0,520	5,90	20,0	0,190	57,0	24,0	13,0	16,0	0,068	0,55	63,0	
0557	BJ94	6/3/1	24,0	-	4,7	6,1	12,7	17,7	0,860	5,10	24,0	0,170	33,0	21,0	6,9	12,0	0,098	0,44	52,0	
0559	BJ94	6/3/2	20,0	-	4,7	6,4	12,7	17,7	0,670	4,80	24,0	0,190	25,0	21,0	5,6	8,0	0,110	0,54	38,0	
1463	Z	81	30,7	4,4	3,6	7,2			0,690	10,00	24,0	0,230	55,0	30,0	11,0	25,0	0,068	0,23	63,0	
1464	Z	82	14,8	2,3	2,6	7,2			0,660	9,40	36,0	0,280	31,0	15,0	6,6	42,0	0,068	0,23	54,0	
1465	Z	83	36,3	23,7	4,9	7,5			0,470	8,00	32,0	0,230	62,0	40,0	14,0	26,0	0,062	0,33	67,0	
1466	Z	84	30,4	6,3	3,9	7,4			0,830	11,00	23,0	0,210	65,0	37,0	13,0	54,0	0,077	0,45	75,0	
1467	Z	85	30,5	19,5		7,5			0,690	8,20	21,0	0,220	49,0	29,0	10,0	23,0	0,140	0,66	67,0	
1468	Z	86	39,4	9,7		7,4			0,620	7,70	18,0	0,200	60,0	32,0	13,0	34,0	0,100	0,63	68,0	
1469	Z	87	28,7	28,2	3,3	7,4			0,620	5,10	20,0	0,180	42,0	32,0	11,0	25,0	0,050	0,36	58,0	
1470	Z	88	27,3	34,3	5,3	7,4			0,570	6,50	16,0	0,150	44,0	26,0	9,8	20,0	0,077	0,23	73,0	
1471	Z	89	9,2	2,3	2,3	7,2			0,640	5,90	31,0	0,180	35,0	15,0	10,0	12,0	0,069	0,23	51,0	
1472	Z	90	16,8	14,1	8,3	7,3			0,610	7,20	30,0	0,190	34,0	23,0	8,1	29,0	0,056	0,30	63,0	
1473	Z	91	14,4	0,6	4,5	5,2			0,760	12,00	38,0	0,210	47,0	19,0	7,9	22,0	0,200	0,23	59,0	

Anlage 1.2

Tabelle 10b: Statistik Tonsteine, Tonmergel, Mergel und tonige Fließerden des Ob. Buntsandstein (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,697	7,59	37,2	0,183	55,2	31,4	10,8	24,1	0,098	0,51	82,0
Median (Med.)	0,620	6,40	24,0	0,190	60,0	30,0	11,0	22,0	0,069	0,45	67,0
Minimum	0,160	1,70	14,0	0,011	25,0	14,0	3,9	1,5	0,014	0,23	27,0
Maximum	2,400	20,00	304,0	0,500	87,0	58,0	16,0	54,0	0,460	1,30	315,0
Anzahl (n)	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Standardabwg.	0,418	3,96	54,8	0,095	16,8	12,5	3,6	13,2	0,099	0,28	52,7
Dispersion (Disp.)	0,100	1,60	6,0	0,040	11,0	9,0	3,0	8,0	0,019	0,15	14,0
25er Perzentil	0,520	5,10	20,0	0,140	43,0	21,0	7,6	15,0	0,054	0,32	60,0
75er Perzentil	0,710	8,30	31,5	0,215	65,5	39,5	14,0	31,0	0,099	0,59	89,0
90er Perzentil	0,842	11,40	41,6	0,274	73,0	47,4	15,4	42,4	0,164	0,79	104,0
97,5er Perzentil	1,880	18,70	157,1	0,357	86,4	56,7	16,0	54,0	0,395	1,24	209,1
99er Perzentil	2,192	19,48	245,2	0,443	86,7	57,5	16,0	54,0	0,434	1,27	272,6
Med. + 2*Disp.	0,820	9,60	36,0	0,270	82,0	48,0	17,0	38,0	0,107	0,75	95,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,611	6,68	24,9	0,183	55,2	31,4	10,8	24,1	0,068	0,45	69,9
Median (Med.)	0,620	5,90	23,0	0,190	60,0	30,0	11,0	22,0	0,068	0,44	67,0
Minimum	0,380	1,70	14,0	0,045	25,0	14,0	3,9	1,5	0,014	0,23	27,0
Maximum	0,860	12,00	47,0	0,280	87,0	58,0	16,0	54,0	0,140	0,81	107,0
Anzahl (n)	24	25	25	24	27	27	27	27	24	25	25
Standardabwg.	0,127	2,28	8,0	0,060	16,8	12,5	3,6	13,2	0,032	0,18	19,6
Dispersion (Disp.)	0,090	1,10	4,0	0,035	11,0	9,0	3,0	8,0	0,018	0,11	13,0
25er Perzentil	0,520	5,10	20,0	0,148	43,0	21,0	7,6	15,0	0,052	0,30	59,0
75er Perzentil	0,690	8,00	30,0	0,213	65,5	39,5	14,0	31,0	0,086	0,55	84,0
90er Perzentil	0,760	9,76	35,6	0,258	73,0	47,4	15,4	42,4	0,107	0,71	96,8
97,5er Perzentil	0,843	11,40	41,6	0,280	86,4	56,7	16,0	54,0	0,125	0,79	104,0
99er Perzentil	0,853	11,76	44,8	0,280	86,7	57,5	16,0	54,0	0,134	0,80	105,8
Med. + 2*Disp.	0,800	8,10	31,0	0,260	82,0	48,0	17,0	38,0	0,103	0,66	93,0

Anlage 1.2

Tabelle 11a: Urdaten Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Unt. und Mittl. Buntsandstein (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0550	BJ94	6/2/2	10,0	-	6,8	3,9	23,4	17,5	0,410	3,40	43,0	0,083	21,0	6,6	5,5	32,0	0,082	0,23	22,0	
0552	BJ94	6/2/3	12,0	-	-	4,6	14,1	5,2	0,280	3,30	24,0	0,028	23,0	7,4	8,1	56,0	0,033	0,23	21,0	
0553	BJ94	6/2/4	13,0	-	-	4,9	17,3	4,2	0,180	4,70	19,0	0,018	24,0	9,7	7,3	72,0	0,031	0,31	20,0	
0922	BJ95	2/1/1	12,0		1,6	5,6	3,0	12,4	0,720	4,80	20,0	0,150	37,0	15,0	8,8	17,0	0,067	0,40	37,0	
0927	BJ95	3/1/1	4,0		3,2	4,3	5,6	15,7	0,320	2,50	29,0	0,070	9,8	3,9	3,0	4,6	0,033	0,23	32,0	
0934	BJ95	3/2/1	9,0		2,5	4,7	4,6	14,2	0,600	4,70	30,0	0,220	20,0	7,0	7,4	14,0	0,040	0,23	37,0	
0941	BJ95	4/1/1	7,0		2,2	5,9	2,3	10,5	0,280	6,40	25,0	0,510	23,0	4,7	5,0	8,5	0,034	0,23	23,0	
0950	BJ95	4/2/2	17,0		1,9	3,5	12,6	13,5	0,510	5,20	28,0	0,079	29,0	11,0	5,3	11,0	0,028	0,23	35,0	
0959	BJ95	5/1/1	8,0		2,2	4,2	6,8	9,6	0,490	6,90	34,0	0,180	20,0	8,5	8,6	12,0	0,090	0,23	30,0	
0974	BJ95	7/1/1	4,0		1,9	6,4	1,6	14,2	0,780	3,70	31,0	0,160	13,0	5,2	4,0	7,0	0,067	0,23	27,0	
0981	BJ95	7/2/3	7,0		2,1	3,2	8,8	10,2	0,520	3,10	28,0	0,031	8,5	1,5	3,1	2,9	0,048	0,23	3,3	
0988	BJ95	8/1/1	8,0		1,7	4,2	5,4	10,5	0,350	2,50	21,0	0,058	12,0	6,4	4,9	4,2	0,055	0,23	19,0	
0998	BJ95	8/2/1	7,0		2,0	4,7	4,4	9,6	0,240	2,50	25,0	0,091	10,0	5,8	3,8	5,2	0,051	0,23	19,0	
1015	BJ95	9/2/1	6,0		1,7	5,8	1,3	10,0	0,390	2,60	32,0	0,150	20,0	10,0	6,2	12,0	0,051	0,23	35,0	
1024	BJ95	10/1/2	17,0	0,5	11,2	3,5	17,4	30,5	1,040	11,00	56,0	0,170	25,0	8,7	6,5	72,0	0,180	0,45	27,0	
1296	RM	121	10,9	1,0	2,1	6,2			0,350	3,10	29,0	0,069	14,0	5,3	1,5	5,2	0,070	0,23	30,0	
1309	RM	113	28,5	1,0	2,6	6,6			1,500	5,40	17,0	0,160	58,0	24,0	8,3	9,4	0,070	0,75	51,0	
1326	RM	133	15,1	2,9	2,9	6,6			0,650	7,20	30,0	0,260	21,0	11,0	4,4	17,0	0,052	0,23	53,0	
1329	RM	136	9,6	0,5	1,9	6,5			0,640	7,10	40,0	0,190	12,0	5,1	1,5	8,5	0,093	0,23	41,0	
1330	RM	137	8,6	0,7	1,2	6,6			0,520	6,40	38,0	0,200	12,0	5,8	1,5	8,3	0,089	0,23	40,0	
1331	RM	138	8,2	0,4	0,3	6,5			0,140	1,80	21,0	0,042	7,2	17,0	1,5	4,4	0,011	0,23	15,0	
1333	RM	140	6,2	0,5	0,7	5,4			0,210	2,30	23,0	0,110	7,3	3,7	1,5	5,7	0,029	0,23	23,0	
1354	RM	164	52,7	24,9	4,1	7,0			0,660	18,00	20,0	0,250	40,0	28,0	10,0	23,0	0,170	0,57	69,0	
1378	RM	199		0,9	2,8	6,5			0,820	9,50	29,0	0,260	36,0	22,0	10,0	20,0	0,089	0,36	68,0	
1379	RM	200		0,8	2,2	6,4			1,100	11,00	28,0	0,240	38,0	23,0	11,0	20,0	0,026	0,36	63,0	
1474	Z	92	7,6	7,6	0,3	7,0			0,500	3,60	28,0	0,110	24,0	9,3	4,9	8,1	0,047	0,23	25,0	
1475	Z	93	7,0	0,4	4,1	5,9			0,520	3,30	19,0	0,120	20,0	9,6	4,7	8,9	0,034	0,23	28,0	
1476	Z	94	9,6	0,1	23,6	3,3			1,100	5,70	77,0	0,160	17,0	6,3	2,8	17,0	0,330	0,23	31,0	
1477	Z	95	16,4	0,6	1,8	6,0			0,870	1,30	15,0	0,063	47,0	21,0	8,1	10,0	0,031	0,33	35,0	
1478	Z	96	15,8	3,2	3,1	7,4			0,750	6,50	25,0	0,170	37,0	18,0	7,0	15,0	0,075	0,23	49,0	
1479	Z	97	3,5	1,3		5,8			0,460	3,60	28,0	0,140	13,0	5,0	3,6	9,6	0,065	0,23	28,0	
1480	Z	98	8,0	0,6		3,0			0,690	3,90	36,0	0,099	12,0	2,8	1,5	6,1	0,093	0,23	15,0	
1481	Z	99	6,4	0,4		4,9			0,410	3,90	27,0	0,087	17,0	5,9	3,9	9,5	0,071	0,23	22,0	

Anlage 1.2

Tabelle 11a: Urdaten Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Unt. und Mittl. Buntsandstein (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte										(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	TI	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
1482	Z	100	4,4	1,0		6,8			1,100	6,50	32,0	0,160	20,0	6,8	4,6	11,0	0,093	0,23	30,0
1483	Z	101	14,1	0,1	7,4	3,2			0,230	1,10	31,0	0,036	21,0	5,8	1,5	17,0	0,074	0,23	8,5
1484	Z	102	8,8	0,1	15,2	3,8			1,300	6,10	73,0	0,220	14,0	4,8	1,5	10,0	0,180	0,23	29,0
1485	Z	103	6,5	0,7	1,9	5,3			0,430	3,10	34,0	0,130	52,0	7,1	3,4	13,0	0,066	0,23	29,0
1486	Z	104	11,8	0,1	15,7	3,0			1,100	4,80	59,0	0,190	25,0	10,0	1,5	11,0	0,140	0,23	41,0
1487	Z	105	21,3	0,4		6,3			0,840	11,00	26,0	0,160	41,0	19,0	8,5	12,0	0,068	0,23	45,0
1488	Z	106	3,4	0,4		6,1			1,200	10,00	24,0	0,099	29,0	14,0	5,5	13,0	0,071	0,48	40,0
1489	Z	107	4,6	0,5		5,0			0,510	28,00	31,0	0,130	12,0	4,4	2,7	7,1	0,053	0,23	26,0
1490	Z	108	7,4	0,1		3,6			1,300	6,60	79,0	0,078	14,0	3,7	2,1	8,0	0,280	0,51	16,0
1491	Z	109	2,3	0,6	1,8	5,8			0,570	3,60	30,0	0,120	13,0	6,8	2,7	9,1	0,050	0,23	16,0
1492	Z	110	13,1	0,1	21,2	3,0			1,800	11,00	81,0	0,230	17,0	7,2	2,9	9,6	0,260	0,23	29,0
1493	Z	111	4,1	0,1		2,9			0,330	1,40	27,0	0,045	8,4	1,5	1,5	3,8	0,068	0,30	7,7
1494	Z	112	5,3	0,1		3,0			0,052	2,90	54,0	0,150	5,1	2,5	1,5	7,2	0,070	0,23	17,0
1495	Z	113	7,7	0,5		4,9			0,350	2,60	29,0	0,100	13,0	5,8	3,1	10,0	0,081	0,23	28,0
1496	Z	114	6,4	0,4		5,2			0,320	1,40	27,0	0,110	14,0	4,9	2,9	7,2	0,044	0,23	22,0
1497	Z	115	3,7	0,1		2,9			0,680	1,30	36,0	0,510	5,9	1,5	1,5	5,4	0,150	0,23	7,1
1498	Z	116	3,9	0,8		5,6			0,360	2,30	26,0	0,057	17,0	5,0	1,5	8,8	0,061	0,23	32,0
1499	Z	117	5,8	1,1		6,7			0,620	2,70	17,0	0,130	22,0	7,1	1,5	5,6	0,069	0,45	24,0
1500	Z	118	6,8	0,6		4,1			0,380	7,60	35,0	0,100	28,0	8,3	4,3	38,0	0,150	0,42	36,0
1501	Z	119	5,4	0,1		3,1			0,330	4,10	36,0	0,057	8,7	2,7	1,5	5,1	0,069	0,23	18,0
1502	Z	120	5,9	0,4	2,8	4,8			0,540	4,50	32,0	0,230	22,0	8,8	4,1	8,9	0,044	0,23	38,0
1503	Z	121	7,4	0,4		6,5			0,340	3,30	27,0	0,140	18,0	9,2	3,5	11,0	0,065	0,39	37,0

Anlage 1.2

Tabelle 11b: Statistik Sandsteine und tonig-sandige Wechselfolgen des Unt. und Mittl. Buntsandstein (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,612	5,40	33,1	0,144	20,9	8,7	4,3	14,0	0,083	0,28	30,0
Median (Med.)	0,520	3,90	29,0	0,130	20,0	6,8	3,8	9,6	0,068	0,23	29,0
Minimum	0,052	1,10	15,0	0,018	5,1	1,5	1,5	2,9	0,011	0,23	3,3
Maximum	1,800	28,00	81,0	0,510	58,0	28,0	11,0	72,0	0,330	0,75	69,0
Anzahl (n)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Standardabwg.	0,366	4,47	15,3	0,096	11,8	6,1	2,7	14,4	0,063	0,11	14,0
Dispersion (Disp.)	0,190	1,50	5,0	0,050	7,0	2,4	2,3	3,4	0,021	0,00	8,0
25er Perzentil	0,350	2,80	25,0	0,081	12,5	5,0	1,5	7,2	0,048	0,23	21,5
75er Perzentil	0,765	6,50	34,5	0,175	24,5	9,9	5,9	13,5	0,089	0,27	37,0
90er Perzentil	1,100	10,60	55,2	0,236	37,6	18,6	8,4	21,8	0,162	0,44	47,4
97,5er Perzentil	1,430	15,55	78,3	0,423	50,3	23,7	10,0	66,4	0,273	0,55	66,3
99er Perzentil	1,638	22,60	79,9	0,510	54,8	25,8	10,5	72,0	0,303	0,65	68,5
Med. + 2*Disp.	0,900	6,90	39,0	0,230	34,0	11,6	8,4	16,4	0,110	0,23	45,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,545	4,10	28,0	0,130	19,6	6,6	4,3	10,0	0,064	0,23	27,9
Median (Med.)	0,510	3,60	28,0	0,130	18,0	6,3	3,8	9,3	0,066	0,23	28,0
Minimum	0,052	1,10	15,0	0,018	5,1	1,5	1,5	2,9	0,011	0,23	3,3
Maximum	1,200	9,50	43,0	0,260	47,0	15,0	11,0	23,0	0,150	0,23	53,0
Anzahl (n)	51	48	48	53	53	47	55	50	49	41	52
Standardabwg.	0,278	1,96	6,1	0,065	9,9	3,0	2,7	4,6	0,029	0,00	11,1
Dispersion (Disp.)	0,170	1,15	3,5	0,047	6,0	1,9	2,3	2,8	0,016	0,00	7,5
25er Perzentil	0,345	2,60	24,8	0,079	12,0	4,9	1,5	7,0	0,044	0,23	20,8
75er Perzentil	0,685	5,48	31,3	0,170	24,0	8,6	5,9	12,0	0,074	0,23	35,3
90er Perzentil	1,040	6,69	36,0	0,228	36,8	10,0	8,4	17,0	0,093	0,23	40,9
97,5er Perzentil	1,100	7,53	39,7	0,257	40,7	13,6	10,0	20,0	0,148	0,23	50,5
99er Perzentil	1,150	8,61	41,6	0,260	43,9	14,5	10,5	21,5	0,150	0,23	52,0
Med. + 2*Disp.	0,850	5,90	35,0	0,224	30,0	10,1	8,4	14,8	0,098	0,23	43,0

Anlage 1.2

Tabelle 12a: Urdaten Tonsteine, Mergel und tonige Fließerden des Zechstein (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0266	BJ93	12/4/1	38,0	4,0	3,8	7,0	2,1	20,1	0,960	20,00	34,0	0,160	59,0	43,0	14,0	39,0	0,067	0,66	134,0	
0274	BJ93	13/1/1	28,0	21,1	2,2	7,0	1,0	18,2	0,690	13,00	26,0	0,099	43,0	25,0	9,3	22,0	0,020	0,46	61,0	
0402	BJ94	1/2/1	9,0	1,3	3,0	7,3	0,5	8,2	1,000	22,00	18,0	0,280	83,0	38,0	20,0	33,0	0,065	0,95	109,0	
0510	BJ94	5/1/1	22,0	-	7,4	6,5	0,7	28,0	1,100	24,00	35,0	0,450	64,0	32,0	18,0	31,0	0,041	1,10	117,0	
0511	BJ94	5/1/2	28,0	-	3,3	6,9	4,7	20,6	1,200	20,00	32,0	0,290	67,0	34,0	18,0	31,0	0,017	0,95	110,0	
1508	Z	126	3,9	0,5		5,3			1,300	19,00	70,0	0,320	40,0	22,0	13,0	27,0	0,150	2,10	108,0	
1510	Z	128	2,3	35,3	15,1	7,4			1,500	15,00	162,0	0,860	9,0	18,0	5,0	23,0	0,160	0,45	235,0	
1511	Z	129	10,0	0,7		7,0			1,400	28,00	7,6	0,084	42,0	26,0	16,0	24,0	0,096	0,93	48,0	

Anlage 1.2

Tabelle 12b: Statistik Tonsteine, Mergel und tonige Fließerden des Zechstein (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,144	20,13	48,1	0,318	50,9	29,8	14,2	28,8	0,077	0,95	115,3
Median (Med.)	1,150	20,00	33,0	0,285	51,0	29,0	15,0	29,0	0,066	0,94	109,5
Minimum	0,690	13,00	7,6	0,084	9,0	18,0	5,0	22,0	0,017	0,45	48,0
Maximum	1,500	28,00	162,0	0,860	83,0	43,0	20,0	39,0	0,160	2,10	235,0
Anzahl (n)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Standardabwg.	0,263	4,76	49,4	0,251	22,5	8,5	5,0	5,8	0,055	0,52	56,4
Dispersion (Disp.)	0,170	3,00	11,0	0,145	12,0	6,0	3,0	4,5	0,038	0,22	16,0
25er Perzentil	0,990	18,00	24,0	0,145	41,5	24,3	12,1	23,8	0,036	0,61	96,3
75er Perzentil	1,325	22,50	43,8	0,353	64,8	35,0	18,0	31,5	0,110	0,99	121,3
90er Perzentil	1,430	25,20	97,6	0,573	71,8	39,5	18,6	34,8	0,153	1,40	164,3
97,5er Perzentil	1,483	27,30	145,9	0,788	80,2	42,1	19,7	38,0	0,158	1,93	217,3
99er Perzentil	1,493	27,72	155,6	0,831	81,9	42,7	19,9	38,6	0,159	2,03	227,9
Med. + 2*Disp.	1,490	26,00	55,0	0,575	75,0	41,0	21,0	38,0	0,142	1,38	141,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,144	20,13	31,8	0,318	50,9	29,8	14,2	28,8	0,077	0,79	98,1
Median (Med.)	1,150	20,00	32,0	0,285	51,0	29,0	15,0	29,0	0,066	0,93	109,0
Minimum	0,690	13,00	7,6	0,084	9,0	18,0	5,0	22,0	0,017	0,45	48,0
Maximum	1,500	28,00	70,0	0,860	83,0	43,0	20,0	39,0	0,160	1,10	134,0
Anzahl (n)	8	8	7	8	8	8	8	8	8	7	7
Standardabwg.	0,263	4,76	19,5	0,251	22,5	8,5	5,0	5,8	0,055	0,26	31,3
Dispersion (Disp.)	0,170	3,00	6,0	0,145	12,0	6,0	3,0	4,5	0,038	0,17	8,0
25er Perzentil	0,990	18,00	22,0	0,145	41,5	24,3	12,1	23,8	0,036	0,56	84,5
75er Perzentil	1,325	22,50	34,5	0,353	64,8	35,0	18,0	31,5	0,110	0,95	113,5
90er Perzentil	1,430	25,20	49,0	0,573	71,8	39,5	18,6	34,8	0,153	1,01	123,8
97,5er Perzentil	1,483	27,30	64,8	0,788	80,2	42,1	19,7	38,0	0,158	1,08	131,5
99er Perzentil	1,493	27,72	67,9	0,831	81,9	42,7	19,9	38,6	0,159	1,09	133,0
Med. + 2*Disp.	1,490	26,00	44,0	0,575	75,0	41,0	21,0	38,0	0,142	1,27	125,0

Anlage 1.2

Tabelle 13a: Urdaten Kalksteine und Dolomite des Zechstein (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0242	BJ93	12/1/1	16,0	35,8	2,6	7,0	n.n.	15,9	1,250	16,00	159,0	0,590	23,0	16,0	6,4	26,0	0,008	0,50	414,0	
0259	BJ93	12/3/1	24,0	9,6	6,0	7,0	3,4	21,4	0,750	16,00	77,0	0,260	48,0	24,0	9,1	24,0	0,102	0,74	224,0	
0281	BJ93	13/2/1	29,0	4,6	5,0	7,1	2,6	25,6	0,590	14,00	40,0	0,460	54,0	39,0	11,0	12,0	0,040	1,30	91,0	
0516	BJ94	5/2/1	9,0	44,0	3,8	7,4	n.b.	18,2	0,570	14,00	31,0	0,320	9,5	13,0	4,4	7,4	0,041	0,34	59,0	
0525	BJ94	5/3/2	5,0	20,7	7,8	7,4	n.b.	35,9	1,300	66,00	52,0	0,820	20,0	22,0	18,0	158,0	0,140	1,10	79,0	
0527	BJ94	5/3/3	10,0	27,5	4,8	7,5	0,4	30,5	0,570	61,00	45,0	0,400	27,0	25,0	17,0	180,0	0,120	1,20	73,0	
1352	RM	159	44,4	12,4	5,2	7,0			1,400	34,00	45,0	0,390	45,0	27,0	13,0	29,0	0,160	0,65	132,0	
1504	Z	122	6,8	0,2	9,4	6,5			1,100	13,00	63,0	0,740	49,0	33,0	10,0	16,0	0,140	0,36	115,0	
1506	Z	124	12,4	0,4		6,3			1,000	11,00	47,0	0,410	42,0	20,0	8,8	23,0	0,074	0,23	145,0	
1507	Z	125	21,0	32,3		7,3			0,930	13,00	30,0	0,270	20,0	18,0	7,0	32,0	0,041	0,63	71,0	
1509	Z	127	29,3	8,2	4,7	7,3			0,580	15,00	47,0	0,430	46,0	32,0	13,0	31,0	0,091	0,36	151,0	

Anlage 1.2

Tabelle 13b: Statistik Kalksteine und Dolomite des Zechstein (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,913	24,82	57,8	0,463	34,9	24,5	10,7	48,9	0,087	0,67	141,3
Median (Med.)	0,930	15,00	47,0	0,410	42,0	24,0	10,0	26,0	0,091	0,63	115,0
Minimum	0,570	11,00	30,0	0,260	9,5	13,0	4,4	7,4	0,008	0,23	59,0
Maximum	1,400	66,00	159,0	0,820	54,0	39,0	18,0	180,0	0,160	1,30	414,0
Anzahl (n)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Standardabwg.	0,319	20,11	36,1	0,182	15,2	7,9	4,3	60,1	0,050	0,37	102,4
Dispersion (Disp.)	0,340	2,00	7,0	0,090	12,0	6,0	3,0	6,0	0,049	0,27	36,0
25er Perzentil	0,585	13,50	42,5	0,355	21,5	19,0	7,9	19,5	0,041	0,36	76,0
75er Perzentil	1,175	25,00	57,5	0,525	47,0	29,5	13,0	31,5	0,130	0,92	148,0
90er Perzentil	1,300	61,00	77,0	0,740	49,0	33,0	17,0	158,0	0,140	1,20	224,0
97,5er Perzentil	1,375	64,75	138,5	0,800	52,8	37,5	17,8	174,5	0,155	1,28	366,5
99er Perzentil	1,390	65,50	150,8	0,812	53,5	38,4	17,9	177,8	0,158	1,29	395,0
Med. + 2*Disp.	1,610	19,00	61,0	0,590	66,0	36,0	16,0	38,0	0,189	1,17	187,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,913	14,00	44,4	0,427	34,9	24,5	10,7	22,3	0,087	0,67	114,0
Median (Med.)	0,930	14,00	45,0	0,405	42,0	24,0	10,0	24,0	0,091	0,63	103,0
Minimum	0,570	11,00	30,0	0,260	9,5	13,0	4,4	7,4	0,008	0,23	59,0
Maximum	1,400	16,00	63,0	0,740	54,0	39,0	18,0	32,0	0,160	1,30	224,0
Anzahl (n)	11	8	9	10	11	11	11	9	11	11	10
Standardabwg.	0,319	1,69	10,2	0,146	15,2	7,9	4,3	8,7	0,050	0,37	50,6
Dispersion (Disp.)	0,340	1,00	5,0	0,070	12,0	6,0	3,0	7,0	0,049	0,27	31,0
25er Perzentil	0,585	13,00	40,0	0,338	21,5	19,0	7,9	16,0	0,041	0,36	74,5
75er Perzentil	1,175	15,25	47,0	0,453	47,0	29,5	13,0	29,0	0,130	0,92	141,8
90er Perzentil	1,300	16,00	54,2	0,605	49,0	33,0	17,0	31,2	0,140	1,20	158,3
97,5er Perzentil	1,375	16,00	60,8	0,706	52,8	37,5	17,8	31,8	0,155	1,28	207,6
99er Perzentil	1,390	16,00	62,1	0,727	53,5	38,4	17,9	31,9	0,158	1,29	217,4
Med. + 2*Disp.	1,610	16,00	55,0	0,545	66,0	36,0	16,0	38,0	0,189	1,17	165,0

Anlage 1.2

Tabelle 14a: Urdaten Sand-, Ton- und Schluffsteine des Rotliegenden (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
1054	BJ95	14/1/2	15,0		13,8	3,5	22,0	31,6	1,720	14,00	66,0	0,210	48,0	22,0	10,0	14,0	0,180	1,00	48,0	
1088	BJ95	18/1/2	26,0		3,4	3,7	16,5	19,8	1,200	11,00	14,0	0,130	72,0	17,0	9,3	6,8	0,079	0,76	40,0	
1139	BJ95	24/1/1	8,0		4,5	5,5	4,2	14,4	0,920	6,80	38,0	0,300	43,0	20,0	14,0	14,0	0,130	0,39	89,0	
1166	BJ95	28/1/1	9,0		4,5	4,2	13,8	14,8	2,890	11,00	67,0	0,230	34,0	17,0	4,9	15,0	0,220	0,73	60,0	
1194	BJ95	31/1/2	17,0		4,1	3,5	20,9	16,6	1,200	32,00	142,0	0,490	69,0	20,0	8,2	15,0	0,110	1,00	368,0	
1204	BJ95	32/1/2	5,0		8,4	3,8	20,2	20,7	1,220	19,00	138,0	0,170	56,0	19,0	6,7	13,0	0,120	0,74	99,0	
1238	BJ95	36/1/1	11,0		3,1	5,7	12,0	12,9	0,940	9,90	50,0	0,300	20,0	12,0	10,0	7,3	0,110	0,40	53,0	
1557	Z	183	5,4	0,9		3,8			3,400	10,00	65,0	0,130	57,0	30,0	12,0	17,0	0,170	0,50	72,0	
1558	Z	184	11,7	0,5		3,1			2,500	10,00	50,0	0,170	49,0	25,0	9,3	17,0	0,220	0,50	57,0	
1559	Z	185	3,7	0,6		4,5			1,100	17,00	37,0	0,250	41,0	24,0	8,8	14,0	0,081	0,75	65,0	
1560	Z	186	5,4	0,1	9,6	2,8			2,100	11,00	54,0	0,039	25,0	10,0	1,5	7,3	0,100	0,32	18,0	
1561	Z	187	8,4	0,1	20,7	3,1			0,680	14,00	89,0	0,260	20,0	7,3	1,5	9,1	0,210	0,39	35,0	
1562	Z	188	7,8	0,8		5,3			4,200	16,00	124,0	0,160	39,0	17,0	7,3	24,0	0,300	1,20	67,0	
1563	Z	189	10,8	0,1		3,0			2,100	8,60	99,0	0,036	42,0	9,1	1,5	21,0	0,301	1,40	50,0	
1564	Z	190	5,0	0,6		4,9			0,710	13,00	90,0	0,400	40,0	13,0	2,7	9,5	0,081	0,60	44,0	
1565	Z	191	4,7	0,5		4,5			7,100	67,00	53,0	0,490	47,0	18,0	7,6	13,0	0,270	1,20	93,0	

Anlage 1.2

Tabelle 14b: Statistik Sand-, Ton- und Schluffsteine des Rotliegenden (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,124	16,89	73,5	0,235	43,9	17,5	7,2	13,6	0,168	0,74	78,6
Median (Med.)	1,470	12,00	65,5	0,220	42,5	17,5	7,9	14,0	0,150	0,74	58,5
Minimum	0,680	6,80	14,0	0,036	20,0	7,3	1,5	6,8	0,079	0,32	18,0
Maximum	7,100	67,00	142,0	0,490	72,0	30,0	14,0	24,0	0,301	1,40	368,0
Anzahl (n)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Standardabwg.	1,675	14,59	37,2	0,137	15,1	6,2	3,8	4,9	0,078	0,33	80,1
Dispersion (Disp.)	0,630	2,05	24,0	0,080	7,5	4,5	2,1	3,0	0,065	0,27	14,0
25er Perzentil	1,060	10,00	50,0	0,153	37,8	12,8	4,4	9,4	0,108	0,48	47,0
75er Perzentil	2,598	16,25	92,3	0,300	50,8	20,5	9,5	15,5	0,220	1,00	76,3
90er Perzentil	3,800	25,50	131,0	0,445	63,0	24,5	11,0	19,0	0,285	1,20	96,0
97,5er Perzentil	6,013	53,88	140,5	0,490	70,9	28,1	13,3	22,9	0,301	1,33	267,1
99er Perzentil	6,665	61,75	141,4	0,490	71,6	29,3	13,7	23,6	0,301	1,37	327,7
Med. + 2*Disp.	2,730	16,10	113,5	0,380	57,5	26,5	12,1	20,0	0,279	1,27	86,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,620	12,24	73,5	0,235	43,9	17,5	7,2	13,6	0,168	0,74	59,3
Median (Med.)	1,210	11,00	65,5	0,220	42,5	17,5	7,9	14,0	0,150	0,74	57,0
Minimum	0,680	6,80	14,0	0,036	20,0	7,3	1,5	6,8	0,079	0,32	18,0
Maximum	3,400	19,00	142,0	0,490	72,0	30,0	14,0	24,0	0,301	1,40	99,0
Anzahl (n)	14	14	16	16	16	16	16	16	16	16	15
Standardabwg.	0,854	3,42	37,2	0,137	15,1	6,2	3,8	4,9	0,078	0,33	22,4
Dispersion (Disp.)	0,505	2,20	24,0	0,080	7,5	4,5	2,1	3,0	0,065	0,27	13,0
25er Perzentil	0,980	10,00	50,0	0,153	37,8	12,8	4,4	9,4	0,108	0,48	46,0
75er Perzentil	2,100	14,00	92,3	0,300	50,8	20,5	9,5	15,5	0,220	1,00	69,5
90er Perzentil	2,773	16,70	131,0	0,445	63,0	24,5	11,0	19,0	0,285	1,20	91,4
97,5er Perzentil	3,234	18,35	140,5	0,490	70,9	28,1	13,3	22,9	0,301	1,33	96,9
99er Perzentil	3,334	18,74	141,4	0,490	71,6	29,3	13,7	23,6	0,301	1,37	98,2
Med. + 2*Disp.	2,220	15,40	113,5	0,380	57,5	26,5	12,1	20,0	0,279	1,27	83,0

Anlage 1.2

Tabelle 15a: Urdaten Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe des Rotliegenden (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
1094	BJ95	19/1/2	8,0		8,8	3,8	22,1	22,0	0,890	16,00	108,0	0,490	47,0	32,0	30,0	36,0	0,170	0,37	249,0	
1103	BJ95	20/1/3			17,1	3,1	23,2	24,4	1,630	8,00	82,0	0,063	21,0	5,2	4,3	7,9	0,240	0,63	34,0	
1144	BJ95	25/1/2	5,0		15,5	3,9	18,8	30,7	1,510	18,00	78,0	0,640	49,0	17,0	10,0	13,0	0,160	0,66	109,0	
1158	BJ95	27/1/2	6,0		2,4	3,3	8,4	10,5	0,850	6,30	12,0	0,085	6,5	1,5	3,6	5,4	0,023	0,53	15,0	
1211	BJ95	33/1/1	6,0		4,4	5,2	10,1	15,0	3,200	12,00	26,0	0,230	42,0	15,0	7,9	8,8	0,130	0,30	66,0	
1230	BJ95	35/1/1	8,0		9,0	3,6	25,0	28,1	0,750	7,80	64,0	0,190	26,0	10,0	6,4	9,3	0,120	0,74	99,0	
1245	BJ95	37/1/2	15,0		0,9	3,7	14,0	10,9	0,880	5,50	14,0	0,110	28,0	14,0	12,0	5,6	0,045	0,23	29,0	
1260	BJ95	39/1/1	9,0		9,6	5,0	21,4	27,7	1,270	7,90	62,0	0,270	35,0	11,0	8,0	10,0	0,250	0,42	77,0	
1566	Z	192	3,8	2,0		6,6			1,400	11,00	64,0	0,470	32,0	10,0	6,7	12,0	0,170	0,51	84,0	
1567	Z	193	8,6	0,4		4,5			4,200	5,70	176,0	0,290	15,0	4,7	1,5	12,0	0,540	0,54	50,0	
1568	Z	194	20,5	0,1		3,6			1,900	19,00	106,0	0,220	29,0	5,3	1,5	11,0	0,330	0,99	46,0	
1569	Z	195	10,0	0,1		2,9			4,400	13,00	169,0	0,210	32,0	7,2	1,5	13,0	0,300	0,72	53,0	
1570	Z	196	13,4	0,1	19,6	3,0			2,400	19,00	125,0	0,130	30,0	11,0	3,6	16,0	0,370	0,30	70,0	
1571	Z	197	6,4	0,1		2,9			1,900	5,10	92,0	0,620	7,2	1,5	1,5	6,4	0,210	0,36	43,0	
1572	Z	198	10,9	0,1		2,7			0,510	7,70	157,0	0,099	8,0	2,7	1,5	7,6	0,278	0,75	36,0	
1573	Z	199	15,4	0,1		3,2			3,000	16,00	73,0	0,011	29,0	5,5	1,5	9,4	0,195	0,99	27,0	
1574	Z	200	4,4	0,1		3,0			0,420	8,00	64,0	0,140	8,8	1,5	1,5	9,1	0,150	0,54	20,0	
1575	Z	201	11,5	0,1		3,1			3,200	20,00	141,0	0,160	18,0	7,6	3,4	21,0	0,380	0,69	54,0	
1576	Z	202	8,7	0,1		2,7			4,700	10,00	168,0	0,280	10,0	2,5	1,5	15,0	0,300	0,51	23,0	
1577	Z	203	4,0	0,1		3,0			1,400	2,60	32,0	0,072	4,5	1,5	1,5	5,1	0,110	0,36	12,0	

Anlage 1.2

Tabelle 15b: Statistik Porphyre, Porphyrite und Porphyrtuffe des Rotliegenden (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,021	10,93	90,7	0,239	23,9	8,3	5,5	11,7	0,224	0,56	59,8
Median (Med.)	1,570	9,00	80,0	0,200	27,0	6,4	3,5	9,7	0,203	0,54	48,0
Minimum	0,420	2,60	12,0	0,011	4,5	1,5	1,5	5,1	0,023	0,23	12,0
Maximum	4,700	20,00	176,0	0,640	49,0	32,0	30,0	36,0	0,540	0,99	249,0
Anzahl (n)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Standardabwg.	1,331	5,37	51,9	0,182	13,8	7,3	6,6	7,0	0,124	0,22	52,3
Dispersion (Disp.)	0,770	3,40	36,5	0,090	10,5	4,3	2,0	2,8	0,079	0,17	21,5
25er Perzentil	0,888	7,35	63,5	0,107	9,7	2,7	1,5	7,8	0,145	0,37	28,5
75er Perzentil	3,050	16,00	129,0	0,283	32,0	11,0	7,0	13,0	0,300	0,70	71,8
90er Perzentil	4,220	19,00	168,1	0,503	42,5	15,2	10,2	16,5	0,371	0,77	100,0
97,5er Perzentil	4,558	19,53	172,7	0,631	48,1	24,9	21,5	28,9	0,464	0,99	182,5
99er Perzentil	4,643	19,81	174,7	0,636	48,6	29,2	26,6	33,2	0,510	0,99	222,4
Med. + 2*Disp.	3,110	15,80	153,0	0,380	48,0	14,9	7,5	15,3	0,361	0,88	91,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,879	10,93	90,7	0,196	23,9	7,1	3,7	9,8	0,207	0,56	49,8
Median (Med.)	1,510	9,00	80,0	0,175	27,0	5,5	2,5	9,4	0,195	0,54	46,0
Minimum	0,420	2,60	12,0	0,011	4,5	1,5	1,5	5,1	0,023	0,23	12,0
Maximum	4,400	20,00	176,0	0,490	49,0	17,0	10,0	16,0	0,380	0,99	109,0
Anzahl (n)	19	20	20	18	20	19	18	18	19	20	19
Standardabwg.	1,204	5,37	51,9	0,131	13,8	4,9	2,8	3,2	0,102	0,22	28,1
Dispersion (Disp.)	0,660	3,40	36,5	0,083	10,5	4,0	1,0	2,7	0,075	0,17	20,0
25er Perzentil	0,885	7,35	63,5	0,102	9,7	2,6	1,5	7,7	0,140	0,37	28,0
75er Perzentil	2,700	16,00	129,0	0,260	32,0	10,5	5,9	12,0	0,289	0,70	68,0
90er Perzentil	3,400	19,00	168,1	0,344	42,5	14,2	7,9	13,6	0,338	0,77	87,0
97,5er Perzentil	4,310	19,53	172,7	0,482	48,1	16,1	9,2	15,6	0,376	0,99	104,5
99er Perzentil	4,364	19,81	174,7	0,487	48,6	16,6	9,7	15,8	0,378	0,99	107,2
Med. + 2*Disp.	2,830	15,80	153,0	0,341	48,0	13,5	4,4	14,7	0,345	0,88	86,0

Anlage 1.2

Tabelle 16a: Urdaten Granit (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
1078	BJ95	17/1/2	14,0		16,2	3,1	22,5	23,3	2,570	19,00	152,0	0,110	41,0	11,0	5,1	14,0	0,260	0,67	41,0	
1186	BJ95	30/1/2			7,5	3,4	18,0	25,7	1,630	8,40	39,0	0,120	32,0	11,0	6,5	6,6	0,120	0,53	58,0	
1550	Z	176	11,0	0,1		3,4			2,200	12,00	101,0	0,200	42,0	13,0	9,2	14,0	0,370	0,75	94,0	
1551	Z	177	3,6	0,3		4,5			0,510	11,00	29,0	0,270	21,0	10,0	11,0	13,0	0,140	0,51	126,0	
1552	Z	178	10,4	0,1		2,9			1,600	17,00	69,0	0,090	22,0	5,5	1,5	8,6	0,254	1,50	47,0	
1553	Z	179	14,3	0,1		3,1			1,800	15,00	78,0	0,220	16,0	7,1	4,1	10,0	0,410	0,48	58,0	
1554	Z	180	14,9	0,1		3,4			3,200	25,00	165,0	0,140	36,0	9,9	3,5	16,0	0,330	0,40	29,0	
1555	Z	181	3,0	0,5		5,9			1,400	11,00	70,0	0,150	36,0	18,0	10,0	27,0	0,150	0,51	126,0	
1556	Z	182	5,1	0,1		2,8			1,900	8,60	81,0	0,120	12,0	3,0	1,5	17,0	0,200	0,66	22,0	

Anlage 1.2

Tabelle 16b: Statistik Granit (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,868	14,11	87,1	0,158	28,7	9,8	5,8	14,0	0,248	0,67	66,8
Median (Med.)	1,800	12,00	78,0	0,140	32,0	10,0	5,1	14,0	0,254	0,53	58,0
Minimum	0,510	8,40	29,0	0,090	12,0	3,0	1,5	6,6	0,120	0,40	22,0
Maximum	3,200	25,00	165,0	0,270	42,0	18,0	11,0	27,0	0,410	1,50	126,0
Anzahl (n)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Standardabwg.	0,756	5,46	46,0	0,060	11,1	4,4	3,6	5,9	0,105	0,33	39,4
Dispersion (Disp.)	0,400	3,40	23,0	0,030	10,0	2,9	3,6	3,0	0,104	0,13	29,0
25er Perzentil	1,600	11,00	69,0	0,120	21,0	7,1	3,5	10,0	0,150	0,51	41,0
75er Perzentil	2,200	17,00	101,0	0,200	36,0	11,0	9,2	16,0	0,330	0,67	94,0
90er Perzentil	2,696	20,20	154,6	0,230	41,2	14,0	10,2	19,0	0,378	0,90	126,0
97,5er Perzentil	3,074	23,80	162,4	0,260	41,8	17,0	10,8	25,0	0,402	1,35	126,0
99er Perzentil	3,150	24,52	164,0	0,266	41,9	17,6	10,9	26,2	0,407	1,44	126,0
Med. + 2*Disp.	2,600	18,80	124,0	0,200	52,0	15,8	12,3	20,0	0,462	0,79	116,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,868	14,11	87,1	0,144	28,7	9,8	5,8	12,4	0,248	0,56	66,8
Median (Med.)	1,800	12,00	78,0	0,130	32,0	10,0	5,1	13,5	0,254	0,52	58,0
Minimum	0,510	8,40	29,0	0,090	12,0	3,0	1,5	6,6	0,120	0,40	22,0
Maximum	3,200	25,00	165,0	0,220	42,0	18,0	11,0	17,0	0,410	0,75	126,0
Anzahl (n)	9	9	9	8	9	9	9	8	9	8	9
Standardabwg.	0,756	5,46	46,0	0,045	11,1	4,4	3,6	3,7	0,105	0,12	39,4
Dispersion (Disp.)	0,400	3,40	23,0	0,020	10,0	2,9	3,6	3,0	0,104	0,08	29,0
25er Perzentil	1,600	11,00	69,0	0,118	21,0	7,1	3,5	9,7	0,150	0,50	41,0
75er Perzentil	2,200	17,00	101,0	0,163	36,0	11,0	9,2	14,5	0,330	0,66	94,0
90er Perzentil	2,696	20,20	154,6	0,206	41,2	14,0	10,2	16,3	0,378	0,69	126,0
97,5er Perzentil	3,074	23,80	162,4	0,217	41,8	17,0	10,8	16,8	0,402	0,74	126,0
99er Perzentil	3,150	24,52	164,0	0,219	41,9	17,6	10,9	16,9	0,407	0,74	126,0
Med. + 2*Disp.	2,600	18,80	124,0	0,170	52,0	15,8	12,3	19,5	0,462	0,68	116,0

Anlage 1.2

Tabelle 17a: Urdaten Gneise, phyllitische Tonschiefer, kontaktmetamorphe Tonschiefer (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0623	BJ94	7/1/1	4,0	-	5,5	6,4	n.b.	21,1	3,200	7,50	54,0	0,340	114,0	40,0	14,0	27,0	0,140	0,23	166,0	
0633	BJ94	7/2/2		-	22,9	3,0	54,5	53,9	2,000	12,00	68,0	0,110	60,0	20,0	7,6	19,0	0,260	0,62	55,0	
0766	BJ94	9/4/1	3,0	-	8,4	5,4	11,2	21,0	1,100	107,00	69,0	0,160	66,0	31,0	20,0	65,0	0,240	0,94	183,0	
0858	BJ94	11/1/1	12,0	-	5,9	6,0	9,7	13,4	2,200	5,50	41,0	0,290	93,0	37,0	15,0	23,0	0,210	0,51	173,0	
1061	BJ95	15/1/2	15,0		16,4	3,0	22,8	23,5	0,840	46,00	113,0	0,110	64,0	13,0	7,3	13,0	0,220	1,00	24,0	
1121	BJ95	22/1/1	2,0		6,6	5,8	7,3	24,2	1,460	7,90	49,0	0,460	165,0	33,0	30,0	24,0	0,230	0,35	139,0	
1131	BJ95	23/1/2	14,0		11,6	3,8	18,7	24,6	0,760	6,30	38,0	0,190	84,0	39,0	16,0	27,0	0,250	0,51	71,0	
1512	Z	130	4,7	0,6		5,7			0,960	16,00	44,0	0,270	77,0	25,0	13,0	49,0	0,180	0,23	90,0	
1513	Z	131	4,8	1,4		6,6			1,700	10,00	84,0	0,240	70,0	22,0	12,0	35,0	0,290	0,23	160,0	
1514	Z	132	8,5	0,1		3,0			0,790	10,00	48,0	0,090	63,0	20,0	5,0	21,0	0,280	0,72	52,0	
1515	Z	133	9,5	0,1		2,7			2,000	22,00	64,0	0,190	22,0	3,7	1,5	9,6	0,270	0,23	23,0	
1516	Z	134	6,3	0,7		4,2			1,100	12,00	36,0	0,450	69,0	23,0	9,4	13,0	0,087	0,23	75,0	
1517	Z	135	13,0	0,1		2,9			2,100	11,00	147,0	0,400	30,0	4,9	1,5	12,0	0,140	0,69	35,0	
1518	Z	136	15,3	0,1		3,1			4,000	13,00	122,0	0,120	32,0	9,3	4,2	17,0	0,350	0,51	78,0	
1519	Z	137	13,7	0,1		2,8			4,900	5,90	211,0	0,100	20,0	5,4	1,5	26,0	0,580	1,10	46,0	
1520	Z	138	4,0	0,4		6,4			1,500	11,00	87,0	0,890	112,0	68,0	85,0	63,0	0,200	0,87	221,0	
1546	Z	172	10,3	0,1		3,0			4,800	9,50	148,0	0,180	38,0	12,0	4,6	11,0	0,380	0,36	34,0	
1547	Z	173	7,5	0,4		4,9			1,300	10,00	47,0	0,440	92,0	30,0	16,0	26,0	0,160	0,23	117,0	
1548	Z	174	13,1	0,1		3,6			3,600	21,00	162,0	0,130	39,0	18,0	4,9	18,0	0,460	0,40	56,0	

Anlage 1.2

Tabelle 17b: Statistik Gneise, phyllitische Tonschiefer, kontaktmetamorphe Tonschiefer (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,122	18,08	85,9	0,272	68,9	23,9	14,1	26,2	0,259	0,52	94,6
Median (Med.)	1,700	11,00	68,0	0,190	66,0	22,0	9,4	23,0	0,240	0,51	75,0
Minimum	0,760	5,50	36,0	0,090	20,0	3,7	1,5	9,6	0,087	0,23	23,0
Maximum	4,900	107,00	211,0	0,890	165,0	68,0	85,0	65,0	0,580	1,10	221,0
Anzahl (n)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Standardabwg.	1,337	23,39	50,6	0,196	36,5	15,7	18,7	16,3	0,118	0,29	61,3
Dispersion (Disp.)	0,600	3,10	24,0	0,080	27,0	10,0	5,2	6,0	0,050	0,28	41,0
25er Perzentil	1,100	8,70	47,5	0,125	38,5	12,5	4,8	15,0	0,190	0,23	49,0
75er Perzentil	2,700	14,50	117,5	0,370	88,0	32,0	15,5	27,0	0,285	0,71	149,5
90er Perzentil	4,160	26,80	150,8	0,452	112,4	39,2	22,0	51,8	0,396	0,95	175,0
97,5er Perzentil	4,855	79,55	189,0	0,697	142,1	55,4	60,3	64,1	0,526	1,06	203,9
99er Perzentil	4,882	96,02	202,2	0,813	155,8	63,0	75,1	64,6	0,558	1,08	214,2
Med. + 2*Disp.	2,900	17,20	116,0	0,350	120,0	42,0	19,8	35,0	0,340	1,07	157,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,801	11,21	78,9	0,237	68,9	21,5	10,2	20,1	0,229	0,52	94,6
Median (Med.)	1,500	10,00	66,0	0,190	66,0	21,0	8,5	20,0	0,230	0,51	75,0
Minimum	0,760	5,50	36,0	0,090	20,0	3,7	1,5	9,6	0,087	0,23	23,0
Maximum	4,000	22,00	162,0	0,460	165,0	40,0	30,0	35,0	0,380	1,10	221,0
Anzahl (n)	17	17	18	18	19	18	18	16	17	19	19
Standardabwg.	0,986	4,72	41,7	0,130	36,5	11,8	7,6	7,2	0,076	0,29	61,3
Dispersion (Disp.)	0,540	2,10	21,5	0,080	27,0	9,5	5,0	6,5	0,050	0,28	41,0
25er Perzentil	1,100	7,90	47,3	0,123	38,5	12,3	4,7	13,0	0,180	0,23	49,0
75er Perzentil	2,100	12,00	106,5	0,328	88,0	30,8	14,8	26,0	0,270	0,71	149,5
90er Perzentil	3,360	18,00	147,3	0,443	112,4	37,6	17,2	27,0	0,314	0,95	175,0
97,5er Perzentil	3,840	21,60	156,1	0,456	142,1	39,6	25,8	32,0	0,368	1,06	203,9
99er Perzentil	3,936	21,84	159,6	0,458	155,8	39,8	28,3	33,8	0,375	1,08	214,2
Med. + 2*Disp.	2,580	14,20	109,0	0,350	120,0	40,0	18,5	33,0	0,330	1,07	157,0

Anlage 1.2

Tabelle 18a: Urdaten Tonschiefer (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0646	BJ94	7/4/1	5,0	-	3,5	4,6	0,2	19,5	0,680	13,00	36,0	0,320	56,0	81,0	11,0	12,0	0,110	0,41	60,0	
0654	BJ94	7/5/1	7,0	-	5,4	5,5	12,2	17,1	2,300	14,00	53,0	0,260	77,0	24,0	13,0	20,0	0,250	0,37	126,0	
0663	BJ94	7/6/2	14,0	-	15,2	3,1	45,4	41,6	2,800	11,00	55,0	0,087	45,0	54,0	4,4	15,0	0,200	0,44	34,0	
0665	BJ94	7/6/3	12,0	-	5,6	3,4	22,4	19,0	2,200	11,00	35,0	0,033	55,0	9,2	4,5	18,0	0,100	0,36	36,0	
0674	BJ94	7/7/2	20,0	-	20,2	3,5	69,1	62,4	2,500	20,00	67,0	0,200	60,0	18,0	4,7	16,0	0,270	0,67	43,0	
0682	BJ94	8/1/1	9,0	-	6,6	5,0	15,3	19,2	1,100	22,00	49,0	0,410	76,0	41,0	17,0	62,0	0,210	0,78	155,0	
0714	BJ94	8/5/1	20,0	-	8,8	3,8	12,7	18,9	1,600	13,00	50,0	0,430	114,0	43,0	15,0	49,0	0,160	0,68	175,0	
0732	BJ94	8/7/1	11,0	2,2	10,0	6,6	2,9	28,9	2,400	31,00	69,0	0,520	92,0	61,0	23,0	99,0	0,190	0,52	301,0	
0738	BJ94	8/8/1	14,0	-	8,3	6,0	n.b.	18,9	0,650	35,00	50,0	0,400	144,0	80,0	21,0	76,0	0,240	0,53	243,0	
0751	BJ94	9/2/1	8,0	-	8,5	5,4	15,2	20,5	1,200	11,00	37,0	0,042	98,0	33,0	15,0	34,0	0,220	0,53	152,0	
0758	BJ94	9/3/2	15,0	-	21,4	3,1	52,6	47,0	1,700	16,00	72,0	0,011	73,0	27,0	8,6	30,0	0,300	0,53	106,0	
0782	BJ94	10/1/1	18,0	-	7,6	7,1	n.b.	18,4	12,000	23,00	30,0	0,230	93,0	33,0	18,0	36,0	0,420	0,59	125,0	
0809	BJ94	10/4/1	13,0	-	8,4	5,2	7,4	22,7	2,700	10,00	25,0	0,520	165,0	73,0	26,0	57,0	0,260	0,42	132,0	
0831	BJ94	10/8/1	28,0	-	13,1	6,1	14,6	38,9	1,300	15,00	52,0	0,460	144,0	45,0	14,0	32,0	0,390	0,88	130,0	
0849	BJ94	10/10/1	15,0	-	6,5	6,4	9,9	17,8	1,700	12,00	30,0	0,150	99,0	40,0	20,0	35,0	0,170	0,30	112,0	
0876	BJ94	11/3/1	14,0	-	6,6	6,0	18,1	15,0	1,300	14,00	23,0	0,240	73,0	32,0	18,0	26,0	0,220	0,42	157,0	
1370	RM	186		0,9	4,1	6,2			2,500	20,00	67,0	0,320	102,0	41,0	20,0	27,0	0,230	0,49	129,0	
1371	RM	187		0,6	2,8	5,0			1,800	17,00	37,0	0,220	107,0	39,0	21,0	28,0	0,110	0,45	110,0	
1381	RM	204		0,9	4,5	6,5			1,000	24,00	40,0	0,330	54,0	24,0	13,0	25,0	0,170	0,47	91,0	
1382	RM	205		0,6	1,5	6,2			0,780	9,80	26,0	0,140	52,0	25,0	13,0	20,0	0,011	0,58	68,0	
1521	Z	139	7,0	0,6		5,7			1,900	9,90	68,0	0,320	71,0	18,0	11,0	14,0	0,150	0,23	77,0	
1522	Z	140	3,7	0,4		6,4			2,400	15,00	60,0	0,310	69,0	28,0	16,0	33,0	0,160	0,23	122,0	
1523	Z	143	5,5	0,6		6,3			1,200	13,00	28,0	0,270	73,0	31,0	11,0	29,0	0,016	0,23	73,0	

Anlage 1.2

Tabelle 18b: Statistik Tonschiefer (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,161	16,51	46,0	0,271	86,6	39,1	14,7	34,5	0,198	0,48	119,9
Median (Med.)	1,700	14,00	49,0	0,270	76,0	33,0	15,0	29,0	0,200	0,47	122,0
Minimum	0,650	9,80	23,0	0,011	45,0	9,2	4,4	12,0	0,011	0,23	34,0
Maximum	12,000	35,00	72,0	0,520	165,0	81,0	26,0	99,0	0,420	0,88	301,0
Anzahl (n)	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Standardabwg.	2,246	6,75	16,0	0,149	31,9	19,3	5,9	21,3	0,098	0,17	62,8
Dispersion (Disp.)	0,600	3,00	14,0	0,120	21,0	9,0	4,0	9,0	0,050	0,10	33,0
25er Perzentil	1,200	11,50	32,5	0,175	64,5	26,0	11,0	20,0	0,155	0,39	75,0
75er Perzentil	2,400	20,00	57,5	0,365	100,5	44,0	19,0	35,5	0,245	0,56	142,0
90er Perzentil	2,660	23,80	67,8	0,454	138,0	70,6	21,0	61,0	0,294	0,68	171,4
97,5er Perzentil	6,940	32,80	70,4	0,520	153,5	80,5	24,4	86,4	0,404	0,83	269,1
99er Perzentil	9,976	34,12	71,3	0,520	160,4	80,8	25,3	93,9	0,413	0,86	288,2
Med. + 2*Disp.	2,900	20,00	77,0	0,510	118,0	51,0	23,0	47,0	0,300	0,67	188,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,714	14,94	46,0	0,271	83,0	33,3	14,7	29,4	0,188	0,47	111,6
Median (Med.)	1,700	14,00	49,0	0,270	74,5	32,5	15,0	28,0	0,195	0,46	117,0
Minimum	0,650	9,80	23,0	0,011	45,0	9,2	4,4	12,0	0,011	0,23	34,0
Maximum	2,800	24,00	72,0	0,520	144,0	61,0	26,0	62,0	0,390	0,78	243,0
Anzahl (n)	22	21	23	23	22	20	23	21	22	22	22
Standardabwg.	0,683	4,46	16,0	0,149	27,6	12,5	5,9	13,4	0,087	0,15	50,0
Dispersion (Disp.)	0,600	3,00	14,0	0,120	19,0	8,5	4,0	8,0	0,045	0,08	36,5
25er Perzentil	1,200	11,00	32,5	0,175	62,3	24,8	11,0	20,0	0,153	0,38	74,0
75er Perzentil	2,375	17,00	57,5	0,365	98,8	41,0	19,0	34,0	0,238	0,53	131,5
90er Perzentil	2,500	22,00	67,8	0,454	113,3	45,9	21,0	49,0	0,269	0,66	156,8
97,5er Perzentil	2,748	23,50	70,4	0,520	144,0	57,7	24,4	59,5	0,343	0,73	207,3
99er Perzentil	2,779	23,80	71,3	0,520	144,0	59,7	25,3	61,0	0,371	0,76	228,7
Med. + 2*Disp.	2,900	20,00	77,0	0,510	112,5	49,5	23,0	44,0	0,285	0,62	190,0

Anlage 1.2

Tabelle 19a: Urdaten Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechselfolgen (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte					(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)						
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0413	BJ94	1/3/1	17,0	-	8,8	6,0	14,8	10,5	1,700	8,00	70,0	0,480	72,0	35,0	15,0	97,0	0,120	0,62	146,0	
0638	BJ94	7/3/1	4,0	-	6,3	6,1	1,8	22,0	1,700	7,50	35,0	0,240	93,0	32,0	21,0	30,0	0,150	0,45	132,0	
0720	BJ94	8/6/1	10,0	-	4,6	5,1	7,8	13,8	8,500	16,00	43,0	0,360	134,0	48,0	12,0	48,0	0,180	0,70	159,0	
0774	BJ94	9/5/1	7,0	-	8,0	5,7	7,9	19,0	1,400	14,00	54,0	0,054	74,0	29,0	13,0	29,0	0,190	0,61	175,0	
1368	RM	184		0,7	5,3	6,5			0,860	12,00	30,0	0,320	77,0	28,0	9,5	21,0	0,110	0,56	61,0	
1524	Z	149	7,1	1,3		4,8			1,100	11,00	39,0	0,220	69,0	26,0	11,0	24,0	0,110	0,23	80,0	
1525	Z	150	3,0	0,5		6,4			1,800	13,00	50,0	0,280	62,0	25,0	12,0	28,0	0,180	0,23	111,0	
1526	Z	151	18,5	0,1		2,9			4,500	20,00	149,0	0,200	24,0	6,7	1,5	15,0	0,310	0,54	40,0	
1527	Z	152	14,6	0,1		2,7			3,000	0,27	141,0	0,220	24,0	7,4	1,5	12,0	0,120	0,57	45,0	
1528	Z	153	16,1	0,1		2,9			2,600	25,00	86,0	0,170	32,0	5,0	1,5	11,0	0,310	0,23	30,0	
1529	Z	154	18,3	0,1		2,9			1,600	19,00	69,0	0,250	40,0	13,0	4,4	13,0	0,210	0,23	42,0	

Anlage 1.2

Tabelle 19b: Statistik Grauwacken und Grauwacken-Tonschiefer Wechselfolgen (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	2,615	13,25	69,6	0,254	63,7	23,2	9,3	29,8	0,181	0,45	92,8
Median (Med.)	1,700	13,00	54,0	0,240	69,0	26,0	11,0	24,0	0,180	0,54	80,0
Minimum	0,860	0,27	30,0	0,054	24,0	5,0	1,5	11,0	0,110	0,23	30,0
Maximum	8,500	25,00	149,0	0,480	134,0	48,0	21,0	97,0	0,310	0,70	175,0
Anzahl (n)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Standardabwg.	2,204	6,79	40,9	0,109	33,0	13,6	6,4	24,8	0,073	0,19	53,5
Dispersion (Disp.)	0,600	5,00	16,0	0,040	24,0	9,0	4,0	9,0	0,060	0,09	40,0
25er Perzentil	1,500	9,50	41,0	0,210	36,0	10,2	3,0	14,0	0,120	0,23	43,5
75er Perzentil	2,800	17,50	78,0	0,300	75,5	30,5	12,5	29,5	0,200	0,59	139,0
90er Perzentil	4,500	20,00	141,0	0,360	93,0	35,0	15,0	48,0	0,310	0,62	159,0
97,5er Perzentil	7,500	23,75	147,0	0,450	123,8	44,8	19,5	84,8	0,310	0,68	171,0
99er Perzentil	8,100	24,50	148,2	0,468	129,9	46,7	20,4	92,1	0,310	0,69	173,4
Med. + 2*Disp.	2,900	23,00	86,0	0,320	117,0	44,0	19,0	42,0	0,300	0,72	160,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,751	13,25	52,9	0,251	63,7	23,2	9,3	23,1	0,181	0,45	92,8
Median (Med.)	1,700	13,00	50,0	0,240	69,0	26,0	11,0	22,5	0,180	0,54	80,0
Minimum	0,860	0,27	30,0	0,170	24,0	5,0	1,5	11,0	0,110	0,23	30,0
Maximum	3,000	25,00	86,0	0,360	134,0	48,0	21,0	48,0	0,310	0,70	175,0
Anzahl (n)	9	11	9	9	11	11	11	10	11	11	11
Standardabwg.	0,676	6,79	18,7	0,060	33,0	13,6	6,4	11,4	0,073	0,19	53,5
Dispersion (Disp.)	0,300	5,00	15,0	0,040	24,0	9,0	4,0	7,5	0,060	0,09	40,0
25er Perzentil	1,400	9,50	39,0	0,220	36,0	10,2	3,0	13,5	0,120	0,23	43,5
75er Perzentil	1,800	17,50	69,0	0,280	75,5	30,5	12,5	28,8	0,200	0,59	139,0
90er Perzentil	2,680	20,00	73,2	0,328	93,0	35,0	15,0	31,8	0,310	0,62	159,0
97,5er Perzentil	2,920	23,75	82,8	0,352	123,8	44,8	19,5	44,0	0,310	0,68	171,0
99er Perzentil	2,968	24,50	84,7	0,357	129,9	46,7	20,4	46,4	0,310	0,69	173,4
Med. + 2*Disp.	2,300	23,00	80,0	0,320	117,0	44,0	19,0	37,5	0,300	0,72	160,0

Anlage 1.2

Tabelle 20a: Urdaten Quarzite des Thüringer Schiefergebirges (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte										
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0867	BJ94	11/2/2	13,0	-	5,5	3,1	13,4	13,9	4,700	3,50	35,0	0,036	25,0	5,3	3,3	5,2	0,047	0,39	18,0
1539	Z	164	12,8	0,1		3,0			4,400	12,00	84,0	0,063	33,0	6,4	1,5	14,0	0,340	0,69	34,0
1540	Z	165	10,5	0,1		3,0			4,100	17,00	96,0	0,240	33,0	7,9	1,5	12,0	0,510	0,66	39,0
1541	Z	166	10,4	0,1		2,9			2,800	17,00	187,0	0,260	12,0	9,1	7,9	12,0	0,520	0,35	54,0
1542	Z	167	8,4	0,1		2,6			1,900	6,80	135,0	0,370	4,5	3,9	2,0	8,2	0,200	0,23	38,0
1543	Z	168	5,1	0,7		5,7			9,700	13,00	105,0	0,300	55,0	18,0	11,0	35,0	0,510	0,23	143,0
1544	Z	169	6,7	0,1		2,7			3,800	13,00	49,0	0,060	31,0	7,3	2,6	9,7	0,130	0,42	29,0
1545	Z	170	11,1	0,1		2,8			3,400	12,00	60,0	0,036	40,0	12,0	4,3	11,0	0,250	0,23	22,0

(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)

Anlage 1.2

Tabelle 20b: Statistik Quarzite des Thüringer Schiefergebirges (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	4,350	11,79	93,9	0,171	29,2	8,7	4,3	13,4	0,313	0,40	47,1
Median (Med.)	3,950	12,50	90,0	0,152	32,0	7,6	3,0	11,5	0,295	0,37	36,0
Minimum	1,900	3,50	35,0	0,036	4,5	3,9	1,5	5,2	0,047	0,23	18,0
Maximum	9,700	17,00	187,0	0,370	55,0	18,0	11,0	35,0	0,520	0,69	143,0
Anzahl (n)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Standardabwg.	2,343	4,64	49,6	0,136	15,8	4,5	3,4	9,1	0,186	0,19	40,3
Dispersion (Disp.)	0,650	2,50	35,5	0,112	7,5	1,9	1,4	2,2	0,190	0,14	10,5
25er Perzentil	3,250	10,70	57,3	0,054	21,8	6,1	1,9	9,3	0,183	0,23	27,3
75er Perzentil	4,475	14,00	112,5	0,270	34,8	9,8	5,2	12,5	0,510	0,48	42,8
90er Perzentil	6,200	17,00	150,6	0,321	44,5	13,8	8,8	20,3	0,513	0,67	80,7
97,5er Perzentil	8,825	17,00	177,9	0,358	52,4	17,0	10,5	31,3	0,518	0,68	127,4
99er Perzentil	9,350	17,00	183,4	0,365	54,0	17,6	10,8	33,5	0,519	0,69	136,8
Med. + 2*Disp.	5,250	17,50	161,0	0,376	47,0	11,4	5,8	15,8	0,675	0,65	57,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	3,586	11,79	93,9	0,171	29,2	7,4	3,3	10,3	0,313	0,40	33,4
Median (Med.)	3,800	12,50	90,0	0,152	32,0	7,3	2,6	11,0	0,295	0,37	34,0
Minimum	1,900	3,50	35,0	0,036	4,5	3,9	1,5	5,2	0,047	0,23	18,0
Maximum	4,700	17,00	187,0	0,370	55,0	12,0	7,9	14,0	0,520	0,69	54,0
Anzahl (n)	7	8	8	8	8	7	7	7	8	8	7
Standardabwg.	0,975	4,64	49,6	0,136	15,8	2,6	2,3	2,9	0,186	0,19	12,0
Dispersion (Disp.)	0,600	2,50	35,5	0,112	7,5	1,8	1,1	1,3	0,190	0,14	5,0
25er Perzentil	3,100	10,70	57,3	0,054	21,8	5,9	1,8	9,0	0,183	0,23	25,5
75er Perzentil	4,250	14,00	112,5	0,270	34,8	8,5	3,8	12,0	0,510	0,48	38,5
90er Perzentil	4,520	17,00	150,6	0,321	44,5	10,3	5,7	12,8	0,513	0,67	45,0
97,5er Perzentil	4,655	17,00	177,9	0,358	52,4	11,6	7,4	13,7	0,518	0,68	51,8
99er Perzentil	4,682	17,00	183,4	0,365	54,0	11,8	7,7	13,9	0,519	0,69	53,1
Med. + 2*Disp.	5,000	17,50	161,0	0,376	47,0	10,9	4,8	13,6	0,675	0,65	44,0

Anlage 1.2

Tabelle 21a: Urdaten Diabase, Diabastuffe (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0801	BJ94	10/3/1	17,0	-	7,3	5,2	14,2	25,0	8,200	31,00	33,0	0,390	248,0	124,0	35,0	58,0	0,300	0,23	163,0	
0822	BJ94	10/6/1	16,0	-	7,3	7,0	n.b.	30,9	2,600	5,50	31,0	0,220	266,0	132,0	31,0	33,0	0,110	0,23	188,0	
0839	BJ94	10/9/1	12,0	-	7,7	6,2	21,2	29,4	1,800	11,00	37,0	0,470	166,0	72,0	29,0	58,0	0,220	0,46	168,0	
1538	Z	163	11,3	0,1		3,4			1,200	9,00	70,0	0,340	137,0	66,0	27,0	29,0	0,310	0,48	101,0	

Anlage 1.2

Tabelle 21b: Statistik Diabase, Diabastuffe (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	3,450	14,13	42,8	0,355	204,3	98,5	30,5	44,5	0,235	0,35	155,0
Median (Med.)	2,200	10,00	35,0	0,365	207,0	98,0	30,0	45,5	0,260	0,35	165,5
Minimum	1,200	5,50	31,0	0,220	137,0	66,0	27,0	29,0	0,110	0,23	101,0
Maximum	8,200	31,00	70,0	0,470	266,0	132,0	35,0	58,0	0,310	0,48	188,0
Anzahl (n)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Standardabwg.	3,218	11,48	18,3	0,105	62,5	34,3	3,4	15,7	0,093	0,14	37,6
Dispersion (Disp.)	0,700	2,75	3,0	0,065	50,0	29,0	2,0	12,5	0,045	0,12	12,5
25er Perzentil	1,650	8,13	32,5	0,310	158,8	70,5	28,5	32,0	0,193	0,23	147,5
75er Perzentil	4,000	16,00	45,3	0,410	252,5	126,0	32,0	58,0	0,303	0,47	173,0
90er Perzentil	6,520	25,00	60,1	0,446	260,6	129,6	33,8	58,0	0,307	0,47	182,0
97,5er Perzentil	7,780	29,50	67,5	0,464	264,7	131,4	34,7	58,0	0,309	0,48	186,5
99er Perzentil	8,032	30,40	69,0	0,468	265,5	131,8	34,9	58,0	0,310	0,48	187,4
Med. + 2*Disp.	3,600	15,50	41,0	0,495	307,0	156,0	34,0	70,5	0,350	0,58	190,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	1,867	8,50	33,7	0,355	204,3	98,5	30,5	44,5	0,235	0,35	173,0
Median (Med.)	1,800	9,00	33,0	0,365	207,0	98,0	30,0	45,5	0,260	0,35	168,0
Minimum	1,200	5,50	31,0	0,220	137,0	66,0	27,0	29,0	0,110	0,23	163,0
Maximum	2,600	11,00	37,0	0,470	266,0	132,0	35,0	58,0	0,310	0,48	188,0
Anzahl (n)	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3
Standardabwg.	0,702	2,78	3,1	0,105	62,5	34,3	3,4	15,7	0,093	0,14	13,2
Dispersion (Disp.)	0,600	2,00	2,0	0,065	50,0	29,0	2,0	12,5	0,045	0,12	5,0
25er Perzentil	1,500	7,25	32,0	0,310	158,8	70,5	28,5	32,0	0,193	0,23	165,5
75er Perzentil	2,200	10,00	35,0	0,410	252,5	126,0	32,0	58,0	0,303	0,47	178,0
90er Perzentil	2,440	10,60	36,2	0,446	260,6	129,6	33,8	58,0	0,307	0,47	184,0
97,5er Perzentil	2,560	10,90	36,8	0,464	264,7	131,4	34,7	58,0	0,309	0,48	187,0
99er Perzentil	2,584	10,96	36,9	0,468	265,5	131,8	34,9	58,0	0,310	0,48	187,6
Med. + 2*Disp.	3,000	13,00	37,0	0,495	307,0	156,0	34,0	70,5	0,350	0,58	178,0

Anlage 1.2

Tabelle 22a: Urdaten Kalksteine des Silur und Devon (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
0708	BJ94	8/4/1	9,0	3,8	8,7	6,8	2,7	24,6	7,000	26,00	48,0	0,750	88,0	59,0	16,0	117,0	0,270	1,20	198,0	
0827	BJ94	10/7/1	27,0	-	7,6	6,9	n.b.	24,6	1,200	24,00	33,0	0,530	106,0	70,0	27,0	85,0	0,260	0,77	209,0	
1535	Z	160	16,8	0,1		3,1			3,100	29,00	105,0	0,410	45,0	27,0	5,3	25,0	0,540	1,40	66,0	
1536	Z	161	3,7	8,3		7,2			1,000	8,30	69,0	1,200	78,0	60,0	18,0	91,0	0,650	0,30	163,0	
1537	Z	162	4,5	0,5		6,0			11,000	4,60	56,0	1,400	70,0	58,0	15,0	116,0	1,200	0,48	228,0	

Anlage 1.2

Tabelle 22b: Statistik Kalksteine des Silur und Devon (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	4,660	18,38	62,2	0,858	77,4	54,8	16,3	86,8	0,584	0,83	172,8
Median (Med.)	3,100	24,00	56,0	0,750	78,0	59,0	16,0	91,0	0,540	0,77	198,0
Minimum	1,000	4,60	33,0	0,410	45,0	27,0	5,3	25,0	0,260	0,30	66,0
Maximum	11,000	29,00	105,0	1,400	106,0	70,0	27,0	117,0	1,200	1,40	228,0
Anzahl (n)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Standardabwg.	4,286	11,11	27,3	0,427	22,6	16,3	7,7	37,4	0,384	0,47	64,2
Dispersion (Disp.)	2,100	5,00	13,0	0,340	10,0	1,0	2,0	25,0	0,270	0,43	30,0
25er Perzentil	1,200	8,30	48,0	0,530	70,0	58,0	15,0	85,0	0,270	0,48	163,0
75er Perzentil	7,000	26,00	69,0	1,200	88,0	60,0	18,0	116,0	0,650	1,20	209,0
90er Perzentil	9,400	27,80	90,6	1,320	98,8	66,0	23,4	116,6	0,980	1,32	220,4
97,5er Perzentil	10,600	28,70	101,4	1,380	104,2	69,0	26,1	116,9	1,145	1,38	226,1
99er Perzentil	10,840	28,88	103,6	1,392	105,3	69,6	26,6	117,0	1,178	1,39	227,2
Med. + 2*Disp.	7,300	34,00	82,0	1,430	98,0	61,0	20,0	141,0	1,080	1,63	258,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	4,660	18,38	62,2	0,858	77,4	59,0	16,3	86,8	0,584	0,83	199,5
Median (Med.)	3,100	24,00	56,0	0,750	78,0	59,0	16,0	91,0	0,540	0,77	203,5
Minimum	1,000	4,60	33,0	0,410	45,0	58,0	15,0	25,0	0,260	0,30	163,0
Maximum	11,000	29,00	105,0	1,400	106,0	60,0	18,0	117,0	1,200	1,40	228,0
Anzahl (n)	5	5	5	5	5	3	3	5	5	5	4
Standardabwg.	4,286	11,11	27,3	0,427	22,6	1,0	1,5	37,4	0,384	0,47	27,3
Dispersion (Disp.)	2,100	5,00	13,0	0,340	10,0	1,0	1,0	25,0	0,270	0,43	15,0
25er Perzentil	1,200	8,30	48,0	0,530	70,0	58,5	15,5	85,0	0,270	0,48	189,3
75er Perzentil	7,000	26,00	69,0	1,200	88,0	59,5	17,0	116,0	0,650	1,20	213,8
90er Perzentil	9,400	27,80	90,6	1,320	98,8	59,8	17,6	116,6	0,980	1,32	222,3
97,5er Perzentil	10,600	28,70	101,4	1,380	104,2	60,0	17,9	116,9	1,145	1,38	226,6
99er Perzentil	10,840	28,88	103,6	1,392	105,3	60,0	18,0	117,0	1,178	1,39	227,4
Med. + 2*Disp.	7,300	34,00	82,0	1,430	98,0	61,0	18,0	141,0	1,080	1,63	233,5

Anlage 1.2

Tabelle 23a: Urdaten Kieseelschiefer (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter							Schwermetallgehalte									
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]					
0697	BJ94	8/3/2		-	14,3	2,9	56,1	52,4	7,800	26,00	119,0	0,210	34,0	13,0	3,0	24,0	0,480	1,30	57,0
0699	BJ94	8/3/3	5,0	-	4,1	4,1	4,6	5,2	32,000	35,00	296,0	0,054	22,0	8,6	2,1	22,0	0,870	1,20	21,0
0793	BJ94	10/2/2	23,0	-	3,6	2,9	45,7	34,8	13,000	30,00	59,0	0,190	64,0	13,0	5,3	32,0	0,500	0,61	45,0
1530	Z	155	7,3	0,5		3,9			2,200	18,00	59,0	0,380	53,0	19,0	7,6	31,0	2,300	0,57	80,0
1531	Z	156	5,5	1,8		6,2			4,800	14,00	51,0	0,360	38,0	17,0	8,8	29,0	0,320	0,39	68,0
1532	Z	157	4,2	1,2		6,2			9,400	9,00	41,0	0,340	99,0	61,0	21,0	67,0	1,500	0,23	94,0
1533	Z	158	5,4	0,7		6,4			13,000	24,00	68,0	0,440	43,0	20,0	5,4	32,0	0,750	0,39	69,0
1534	Z	159	8,2	0,5		6,0			4,700	14,00	33,0	0,220	46,0	20,0	7,7	24,0	0,110	0,23	70,0

Anlage 1.2

Tabelle 23b: Statistik Kieseleschiefer (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	10,863	21,25	90,8	0,274	49,9	21,5	7,6	32,6	0,854	0,62	63,0
Median (Med.)	8,600	21,00	59,0	0,280	44,5	18,0	6,5	30,0	0,625	0,48	68,5
Minimum	2,200	9,00	33,0	0,054	22,0	8,6	2,1	22,0	0,110	0,23	21,0
Maximum	32,000	35,00	296,0	0,440	99,0	61,0	21,0	67,0	2,300	1,30	94,0
Anzahl (n)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Standardabwg.	9,390	8,96	86,9	0,127	23,5	16,5	5,9	14,4	0,719	0,42	22,3
Dispersion (Disp.)	4,150	7,00	13,5	0,085	9,5	3,5	1,8	4,0	0,275	0,19	11,5
25er Perzentil	4,775	14,00	48,5	0,205	37,0	13,0	4,7	24,0	0,440	0,35	54,0
75er Perzentil	13,000	27,00	80,8	0,365	55,8	20,0	8,0	32,0	1,028	0,76	72,5
90er Perzentil	18,700	31,50	172,1	0,398	74,5	32,3	12,5	42,5	1,740	1,23	84,2
97,5er Perzentil	28,675	34,13	265,0	0,430	92,9	53,8	18,9	60,9	2,160	1,28	91,6
99er Perzentil	30,670	34,65	283,6	0,436	96,6	58,1	20,1	64,6	2,244	1,29	93,0
Med. + 2*Disp.	16,900	35,00	86,0	0,450	63,5	25,0	10,0	38,0	1,175	0,86	91,5

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	7,843	21,25	51,8	0,274	42,9	15,8	5,7	27,7	0,647	0,52	69,0
Median (Med.)	7,800	21,00	55,0	0,280	43,0	17,0	5,4	29,0	0,500	0,39	69,0
Minimum	2,200	9,00	33,0	0,054	22,0	8,6	2,1	22,0	0,110	0,23	45,0
Maximum	13,000	35,00	68,0	0,440	64,0	20,0	8,8	32,0	1,500	1,20	94,0
Anzahl (n)	7	8	6	8	7	7	7	7	7	7	7
Standardabwg.	4,215	8,96	12,9	0,127	13,5	4,4	2,5	4,3	0,453	0,34	15,6
Dispersion (Disp.)	3,100	7,00	8,5	0,085	9,0	3,0	2,3	3,0	0,250	0,16	11,0
25er Perzentil	4,750	14,00	43,5	0,205	36,0	13,0	4,2	24,0	0,400	0,31	62,5
75er Perzentil	11,200	27,00	59,0	0,365	49,5	19,5	7,7	31,5	0,810	0,59	75,0
90er Perzentil	13,000	31,50	63,5	0,398	57,4	20,0	8,1	32,0	1,122	0,85	85,6
97,5er Perzentil	13,000	34,13	66,9	0,430	62,4	20,0	8,6	32,0	1,406	1,11	91,9
99er Perzentil	13,000	34,65	67,6	0,436	63,3	20,0	8,7	32,0	1,462	1,16	93,2
Med. + 2*Disp.	14,000	35,00	72,0	0,450	61,0	23,0	10,0	35,0	1,000	0,71	91,0

Anlage 1.2

Tabelle 24a: Urdaten Basalte der Rhön (Oberboden)

Kennung			Physikalische u. Chemische Parameter						Schwermetallgehalte						(rote Markierung kennzeichnet Ausreißer)					
ID	Proj.	Pr.-Nr.	Ton	CaCO ₃	Humus	pH	H-Wert	T-Wert	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn	
[-]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[-]	[mval /100g B.]							[mg/kg TS]						
1030	BJ95	11/1/1	10,0		31,0	4,3	21,0	38,2	0,620	5,40	70,0	1,200	112,0	59,0	7,6	18,0	0,180	0,34	84,0	
1031	BJ95	11/1/2	15,0		16,6	4,1	20,0	24,8	0,150	2,20	23,0	0,340	138,0	73,0	12,0	19,0	0,061	0,23	63,0	
1046	BJ95	13/1/2	19,0		10,5	3,7	21,2	31,0	0,710	5,60	42,0	0,690	467,0	143,0	59,0	54,0	0,150	0,23	153,0	

Anlage 1.2

Tabelle 24b: Statistik Basalte der Rhön (Oberboden, Fraktion < 2 mm)

Kennwerte Urdaten	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,493	4,40	45,0	0,743	239,0	91,7	26,2	30,3	0,130	0,27	100,0
Median (Med.)	0,620	5,40	42,0	0,690	138,0	73,0	12,0	19,0	0,150	0,23	84,0
Minimum	0,150	2,20	23,0	0,340	112,0	59,0	7,6	18,0	0,061	0,23	63,0
Maximum	0,710	5,60	70,0	1,200	467,0	143,0	59,0	54,0	0,180	0,34	153,0
Anzahl (n)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Standardabwg.	0,301	1,91	23,6	0,432	197,9	45,0	28,5	20,5	0,062	0,06	47,1
Dispersion (Disp.)	0,090	0,20	19,0	0,350	26,0	14,0	4,4	1,0	0,030	0,00	21,0
25er Perzentil	0,385	3,80	32,5	0,515	125,0	66,0	9,8	18,5	0,106	0,23	73,5
75er Perzentil	0,665	5,50	56,0	0,945	302,5	108,0	35,5	36,5	0,165	0,29	118,5
90er Perzentil	0,692	5,56	64,4	1,098	401,2	129,0	49,6	47,0	0,174	0,32	139,2
97,5er Perzentil	0,706	5,59	68,6	1,175	450,6	139,5	56,7	52,3	0,179	0,33	149,6
99er Perzentil	0,708	5,60	69,4	1,190	460,4	141,6	58,1	53,3	0,179	0,34	151,6
Med. + 2*Disp.	0,800	5,80	80,0	1,390	190,0	101,0	20,8	21,0	0,210	0,23	126,0

Kennwerte ohne Ausreißer	Schwermetallgehalte										
	Sb	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Hg	Tl	Zn
	[mg/kg TS]										
Mittelwert	0,665	5,50	45,0	0,743	125,0	66,0	9,8	18,5	0,130	0,23	100,0
Median (Med.)	0,665	5,50	42,0	0,690	125,0	66,0	9,8	18,5	0,150	0,23	84,0
Minimum	0,620	5,40	23,0	0,340	112,0	59,0	7,6	18,0	0,061	0,23	63,0
Maximum	0,710	5,60	70,0	1,200	138,0	73,0	12,0	19,0	0,180	0,23	153,0
Anzahl (n)	2	2	3	3	2	2	2	2	3	2	3
Standardabwg.	0,064	0,14	23,6	0,432	18,4	9,9	3,1	0,7	0,062	0,00	47,1
Dispersion (Disp.)	0,045	0,10	19,0	0,350	13,0	7,0	2,2	0,5	0,030	0,00	21,0
25er Perzentil	0,643	5,45	32,5	0,515	118,5	62,5	8,7	18,3	0,106	0,23	73,5
75er Perzentil	0,688	5,55	56,0	0,945	131,5	69,5	10,9	18,8	0,165	0,23	118,5
90er Perzentil	0,701	5,58	64,4	1,098	135,4	71,6	11,6	18,9	0,174	0,23	139,2
97,5er Perzentil	0,708	5,60	68,6	1,175	137,4	72,7	11,9	19,0	0,179	0,23	149,6
99er Perzentil	0,709	5,60	69,4	1,190	137,7	72,9	12,0	19,0	0,179	0,23	151,6
Med. + 2*Disp.	0,755	5,70	80,0	1,390	151,0	80,0	14,2	19,5	0,210	0,23	126,0